

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 08-166605  
(43) Date of publication of application : 25. 06. 1996

---

(51) Int. Cl. G02F 1/137

G02F 1/1335

G02F 1/1337

G02F 1/136

---

(21) Application number : 07-187583 (71) Applicant : SHARP CORP

(22) Date of filing : 24. 07. 1995 (72) Inventor : SAWAYAMA YUTAKA  
NAKAMURA MASAKO

---

(30) Priority

Priority 06249594 Priority 14. 10. 1994 Priority JP  
number : date : country :

---

## (54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

### (57) Abstract:

PURPOSE: To obtain electro-optical characteristics of the distinct threshold and sufficiently fast optical response characteristics and to enable low voltage driving by approximately paralleling liquid crystal molecules near a substrate boundary to substrates and forming the liquid crystal molecules into a specific spiral structure.

CONSTITUTION: Liquid crystals 4 are held between a rear surface substrate 18 and a front surface substrate 19. These liquid crystals 4 attain an AWT mode which is a WT mode and in which the liquid crystal molecules 4a at the boundary part between both substrates 18 and 19 are oriented nearly parallel with the substrate surfaces. Multichromatic dyestuff and the cholesteric liquid crystals or chiral agents as optically active materials are incorporated into the liquid crystals 4 and the liquid crystal molecules 4a have the spiral structure provided

with spiral axis in the cell thickness direction by the optically active materials. Further, the ratio of the natural pitch ( $\rho_0$ ) of the spiral structure generated by the optically active materials and the cell thickness (d) satisfies the relation  $(2\theta - \pi)/4\pi < d/\rho_0 \leq \theta/2\pi$  where the twist angle of spiral structure is  $\theta$  [rad]. The twist angle  $\theta$  [rad] of the spiral structure is in a range of  $2\pi \leq \theta \leq 5\pi/2$ .

---

#### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

---

#### CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] One of these is equipped with the liquid crystal layer pinched between the substrate of a transparent pair, and the substrate of this pair at least. This liquid crystal layer It consists of liquid crystal which has a forward dielectric constant anisotropy. This liquid crystal The major axes of the liquid crystal molecule near a substrate interface are abbreviation parallel to this substrate, and the cholesteric liquid crystal or the chiral agent as polychroism coloring matter and an optically active substance is mixed into this liquid crystal. It is what has the spiral structure to which a liquid crystal molecule has a screw

axis in the direction of cel thickness with this optically active substance. The natural pitch ( $p_0$ ) of spiral structure and the ratio of cel thickness ( $d$ ) which are produced with this optically active substance The liquid crystal display whose torsion angle [ of this spiral structure ] theta [rad] the relational expression  $(2 \theta - \pi) / 4 \pi d/p_0 \leq \theta / 2\pi$  which sets angle of torsion of this spiral structure to theta [rad] are filled, and is the value of the range of  $2 \pi \leq \theta \leq 5\pi/2$ .

[Claim 2] One of these is equipped with the liquid crystal layer pinched between the substrate of a transparent pair, and the substrate of this pair at least. One side of the substrate of this pair It has the active component driven so that optical shutter actuation according this liquid crystal layer to this may take place. This liquid crystal layer It consists of liquid crystal which has a forward dielectric constant anisotropy. This liquid crystal The major axes of the liquid crystal molecule near a substrate interface are abbreviation parallel to this substrate, and the cholesteric liquid crystal or the chiral agent as polychroism coloring matter and an optically active substance is mixed into this liquid crystal. It is what has the spiral structure to which a liquid crystal molecule has a screw axis in the direction of cel thickness with this optically active substance. The natural pitch ( $p_0$ ) of spiral structure and the ratio of cel thickness ( $d$ ) which are produced with this optically active substance The liquid crystal display whose torsion angle [ of this spiral structure ] theta [rad] the relational expression  $(2 \theta - \pi) / 4 \pi d/p_0 \leq \theta / 2\pi$  which sets angle of torsion of this spiral structure to theta [rad] are filled, and is the value of the range of  $2 \pi \leq \theta \leq 5\pi/2$ .

[Claim 3] It is the liquid crystal display according to claim 2 this whose nonlinear device said active component consists of a nonlinear device, and is MIM, diode, a varistor, or TFT.

[Claim 4] It is the liquid crystal display according to claim 1 or 2 which one side of the substrate of said pair has the reflective pixel electrode prepared so that said liquid crystal layer might be touched, and consists of an insulator layer which has the concavo-convex shape of surface type by which this reflective pixel electrode was formed in this substrate front face, and metallic reflection film formed so that the shape of the tooth might be reflected on this insulator layer.

[Claim 5] Torsion angle theta of said spiral structure is a liquid crystal display according to claim 1 or 2 which are about  $9\pi/4$ .

[Claim 6] The substrate of said pair is a liquid crystal display according to claim 1 or 2 which has the orientation film constituted so

that the pre tilt angle of the liquid crystal molecule which constitutes said liquid crystal layer might serve as range which is 5 degrees - 20 degrees.

---

#### DETAILED DESCRIPTION

---

##### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] Especially this invention relates to improvement in low-voltage-izing of driver voltage, optical responsibility, and contrast about a liquid crystal display.

[0002]

[Description of the Prior Art] Since a reflective mold liquid crystal display uses an ambient light as the light source, it is the device [ a back light is unnecessary and ] which can employ the advantage of liquid crystal called a light weight, a thin shape, and a low power in the maximum efficiently, but on the other hand since it used the ambient light, when a limitation is in the brightness of the display screen and a polarizing plate, a color filter, etc. are used, it has the problem that display brightness falls considerably and serves as a dark display.

[0003] As a measure for this problem, from the former, retardation is optimized, and the use number of sheets of a polarizing plate is lessened as much as possible, for example, the method of using the guest-host (it being called below Guest-Host GH.) mode which considered as the reflective mold STN (super twisted-nematic) method using one polarizing plate, or mixed polychroism coloring matter into liquid crystal is taken.

[0004] Especially, since a polarizing plate is not used for the liquid crystal in the phase transition mold GH mode (it is called alias name White-Taylor mold Guest-Host, and WT mode is called below.) in which the phase transition between a pneumatic liquid crystal and cholesteric liquid crystal was used at all, a very bright display is obtained compared with the liquid crystal using others and the mode.

[0005] When perpendicular orientation of the liquid crystal molecule on the front face of a substrate is carried out, the whorl pitch of a cholesteric layer of the liquid crystal in this WH mode is also small, cel thickness is set to d and it specifically sets a spiral pitch to p, it is  $d/p > 2$ . Hereafter, WT mode in which the liquid crystal molecule of

a substrate interface carried out perpendicular orientation is written as HWT (homeotropic WT) mode.

[0006] Drawing 3 (a) shows the electrical-potential-difference-permeability property in this HWT mode, and drawing 13 (a) - (c) makes the orientation condition in this HWT mode correspond to the applied-voltage range A, B, and C of drawing 3 (a), and shows it, respectively. That is, an orientation condition in case an orientation condition (initial orientation) in case drawing 13 (a) has applied voltage in the range A of drawing 3 (a), and drawing 13 (b) have applied voltage in the range B of drawing 3 (a), and drawing 13 (c) show the orientation condition in case applied voltage is in the range C of drawing 3 (a). In addition, if a liquid crystal molecule and polychroism coloring matter are distinguished, it does not break by drawing 13 (a) - (c), but the orientation condition of both whole mixture is shown.

[0007] Moreover, the thing of an indication is in JP, 3-41420, A as reflective pixel electrode structure using 2 terminal component used in such a reflective mold liquid crystal display on the other hand, a metal membrane is formed by vacuum evaporationo on a flat interlayer insulation film, and the approach of etching the front face of this metal membrane and producing a reflective pixel electrode is shown in this official report.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, orientation control is carried out so that the screw axis with which the molecule of the middle class (bulk) of a liquid crystal layer takes the liquid crystal molecule which is going to carry out perpendicular orientation from the first in spiral structure by mixing an optically active substance in the case of HWT mode may become an abbreviation perpendicular to a substrate.

[0009] if an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal cell in this HWT mode, an orientation condition should pass a dispersion condition (refer to drawing 13 (b)) to be shown in drawing 13 (a) - (c) -- orientation change is caused. For this reason, as threshold voltage is indefinite and it is moreover shown in drawing 3 (a), a low electrical potential difference will show a dispersion condition over the large electrical-potential-difference range B.

[0010] Thus, initial orientation collapses easily with a minute electrical potential difference, increase of the dynamic range (width of face of a signal level) of a signal level is caused for increase of the drive signal level which originates in changing to a dispersion condition, or carrying out smallness of the spiral pitch so that optical

protection-from-light nature may become high, and is produced, and the following problems arise.

[0011] (1) It will be necessary to use the high thin film transistor (for Following TFT to be called.) of component pressure-proofing, and, in a matrix drive, the 1st will have the fault that it will not be desirable from the field of driver voltage, and the cost of the display itself will go up by high-pressure-ization of a signal level.

[0012] (2) With advantageous 2 terminal component in cost, it is difficult for the 2nd to set to 0 [V] the signal level impressed to liquid crystal in the state of off, and some electrical potential differences are impressed to it. Therefore, when the large HWT mode of a dynamic range is combined with 2 terminal component, it is difficult to obtain the liquid crystal display which has a good display property with such combination by the orientation condition of liquid crystal being in a dispersion condition also in the state of off.

[0013] (3) In HWT mode, since initial orientation collapses easily with a minute electrical potential difference in the 3rd, in case liquid crystal is driven by TFT, impress a fixed electrical potential difference to liquid crystal from the electrode by the side of the opposite substrate which does not attach an active component, and it becomes impossible to low-power drive [ of making the dynamic range of a signal level small ] the 3rd.

[0014] Therefore, it was unrealizable to apply switching elements, such as TFT and 2 terminal component, to the conventional HWT mold liquid crystal display mode as they are, and it had the problem that various conditions, such as a tilt angle in liquid crystal mode and a ratio (d/p) of cel thickness and a spiral pitch, had to be optimized.

[0015] Moreover, as shown in drawing 16 (b), the good display without parallax is obtained by forming the light reflex layer 5 on glass substrate 1b as a reflecting plate, so that the liquid crystal layer 4 may be touched. In addition, among drawing 16 , 1a is the glass substrate with which the ITO film 2 was formed, and is pinching the liquid crystal layer 4 with glass substrate 1b which counters this. Moreover, 27 is an optical path which carries out outgoing radiation from the light source 2, reflects in the above-mentioned light reflex layer 5, and results in a watcher 6.

[0016] Here as a property for which this light reflex layer 5 is asked  
(1) It has [ having a certain amount of dispersion property, ] a certain amount of directivity in (2) light-reflex property, (3) If the height of the heights (not shown) of a light reflex layer front face, magnitude, and a pitch are arranged, since the light reflected by adjoining heights

will interfere and coloring will take place, making it random so that coloring may not produce the height of heights, magnitude, and a pitch is mentioned.

[0017] As the shape of surface type of the light reflex layer with which are satisfied of the above-mentioned conditions, the diameter or major axis of the heights at the bottom is the circle or ellipse of 3-50 [μm], spacing with adjoining heights is more than 1 [μm], and that in which the heights of the above-mentioned configuration exist at random further is effective.

[0018] Moreover, although the shape of toothing of this interface serves as unevenness of the cel thickness of a liquid crystal layer since a part for concave heights is formed in that interface for a light reflex layer in contact with a liquid crystal layer about the dimension of the height direction of the heights of the above-mentioned light reflex layer front face, this unevenness needs to limit to the range which does not affect the liquid crystal molecular orientation in AWT (antiparallel WT) mode. The configuration of the heights of a light reflex layer or the point of a crevice must be made into the shape of the shape of a circle, or an ellipse here in order to realize good diffuse reflection. In addition, the above-mentioned AWT mode says WT mode in which the liquid crystal molecule of a substrate interface carried out parallel orientation mostly, and is distinguished from HWT mode.

[0019] Furthermore, as a result of converting the margin of the ratio ( $d/p_0$ ) of cel thickness and the natural pitch of spiral structure into the margin of cel thickness, the margin of dispersion  $\Delta d/d$  of the cel thickness  $d$  becomes  $|d| \leq 1.0$  [μm]. It is possible to form a light reflex layer from this, without making the center section of the height of the heights of a light reflex layer into average cel thickness, and having a bad influence on the orientation of liquid crystal from there with [ the height of 0.5 / \*\*/ [μm], i.e., heights, ] 1 [ below ] [μm].

[0020] The height of the configuration of examination to a light reflex layer based on these experiments is below 1 [μm], and, as for the pitch of adjoining heights, it is desirable for the diameter at the base of heights or a major axis to be the circle or ellipse of 3-50 [μm], and to be more than 1 [μm].

[0021] However, by the approach of etching a metal membrane like the above-mentioned JP, 3-41420, A publication, it was difficult to control such severe conditions with a sufficient precision.

[0022] The thing of a publication is in USP4596446 and a public presentation No. 28130 [ Showa 59 to ] official report as a technique of an amelioration WT mold of on the other hand driving liquid crystal

without using a switching element. Since the optimal conditions for a passive-matrix drive were set up here, the field which a hysteresis does not produce, i.e., a torsion angle, could use only the range of  $\pi$ - $2\pi$  [rad] for the liquid crystal display, and when using in GH mode which mixed polychroism coloring matter, the absorption of light did not happen enough, but there was a problem that the fall of contrast arose. [0023] Furthermore, when installing a reflecting plate, as shown in drawing 16 (a), with the conventional outside vapor phase deposition method, i.e., the approach of arranging a reflecting plate 5 behind a liquid crystal cell, the parallax by the thickness of glass substrate 1b arose, and the vision property was reduced remarkably.

[0024] This invention was made in order to solve the above troubles, and it can drive liquid crystal with a low battery, moreover its optical responsibility is high, and it is the purpose of this invention to obtain the low cost liquid crystal display which has a high contrast and good [ bright and ] vision property.

[0025]

[Means for Solving the Problem] The liquid crystal display concerning this invention is equipped with the substrate of a pair with one [ at least ] transparent substrate, and the liquid crystal layer pinched among these both substrates. This liquid crystal has a forward dielectric constant anisotropy, and the liquid crystal molecules near a substrate interface are abbreviation parallel to this substrate, the cholesteric liquid crystal or the chiral agent as polychroism coloring matter and an optically active substance is mixed into this liquid crystal, and it has the spiral structure to which a liquid crystal molecule has a screw axis in the direction of cel thickness with an optically active substance. The natural pitch ( $p_0$ ) of spiral structure and the ratio of cel thickness ( $d$ ) which are produced with an optically active substance are relational expression  $(2 \theta - \pi) / 4 \pi \leq d/p_0$  ( $\theta = \pi/2$  is filled.) which sets angle of torsion of this spiral structure to  $\theta$  [rad]. Torsion angle [ of spiral structure ]  $\theta$  [rad] is the value of the range of  $2\pi \leq \theta \leq 5\pi/2$ . The above-mentioned purpose is attained by that.

[0026] The liquid crystal display concerning this invention is equipped with the substrate of a pair with one [ at least ] transparent substrate, and the liquid crystal layer pinched among these both substrates. This liquid crystal has a forward dielectric constant anisotropy, and the liquid crystal molecules near a substrate interface are abbreviation parallel to this substrate, the cholesteric liquid crystal or the chiral agent as polychroism coloring matter and an optically active substance

is mixed into this liquid crystal, and it has the spiral structure to which a liquid crystal molecule has a screw axis in the direction of cel thickness with an optically active substance. The natural pitch ( $p_0$ ) of spiral structure and the ratio of cel thickness ( $d$ ) which are produced with an optically active substance are relational expression ( $2 \theta - \pi / 4 \leq d/p_0 \leq \theta / 2\pi$  is filled.) which sets angle of torsion of this spiral structure to  $\theta$  [rad]. Torsion angle [ of spiral structure ]  $\theta$  [rad] is the value of the range of  $2\pi \leq \theta \leq 5\pi/2$ . One side of the substrate of this pair has the active component driven so that optical shutter actuation according this liquid crystal layer to this may take place. The above-mentioned purpose is attained by that.

[0027] In the above-mentioned liquid crystal display, said active component consists of a nonlinear device, and, as for this invention, it is desirable that this nonlinear device is MIM, diode, a varistor, or TFT.

[0028] As for this invention, it is desirable to consist of an insulator layer which has the concavo-convex shape of surface type by which this reflective pixel electrode was formed in this substrate front face which has the reflective pixel electrode prepared in the above-mentioned liquid crystal display so that one side of the substrate of said pair might touch said liquid crystal layer, and metallic reflection film formed so that the shape of that tooth might be reflected on this insulator layer.

[0029] As for this invention, in the above-mentioned liquid crystal display, it is desirable that torsion angle  $\theta$  of the above-mentioned spiral structure is about  $9\pi/4$ .

[0030] As for this invention, in the above-mentioned liquid crystal display, it is desirable to have the orientation film constituted so that the pre tilt angle of the liquid crystal molecule with which the substrate of said pair constitutes said liquid crystal layer might serve as range which is 5 degrees - 20 degrees.

[0031] Hereafter, an operation is explained.

[0032] In this invention, the liquid crystal molecule near a substrate interface carries out orientation of the liquid crystal pinched between the substrates of a pair to abbreviation parallel to this substrate. And without the orientation of a liquid crystal molecule collapsing, even if the electrical potential difference of extent which is in an off condition is impressed to liquid crystal since it considered as the spiral structure to which a liquid crystal molecule has a screw axis in the direction of cel thickness with an optically active substance, the pitch of spiral structure begins to be quickly extended only after

becoming, when the electrical potential difference more than threshold voltage is impressed. For this reason, the dynamic range of a signal level becomes possible [ setting it as the narrow range containing the above-mentioned threshold voltage ].

[0033] Moreover, since the orientation of a liquid crystal molecule does not collapse even if the electrical potential difference of extent which is in an off condition as mentioned above is impressed to liquid crystal, as a driver element of liquid crystal, setting completely liquid crystal applied voltage in an off condition to 0 can use difficult 2 terminal component, and it can aim at reduction of cost.

[0034] Furthermore, the natural pitch ( $p_0$ ) of spiral structure and the ratio of cel thickness ( $d$ ) which are produced with an optically active substance The relational expression  $(2 \theta - \pi) / 4 \pi < d/p_0 \leq \theta/2\pi$  which sets angle of torsion of this spiral structure to  $\theta$  [rad] are filled, and torsion angle [ of spiral structure ]  $\theta$  [rad] is  $2\pi \leq \theta \leq 5\pi/2$ . Since he is trying to become the value of the range of  $\theta \leq 5\pi/2$ , When a phase move of a liquid crystal molecule will arise rapidly and the applied voltage to liquid crystal is turned off by impressing a predetermined electrical potential difference to liquid crystal, it will return to the liquid crystal phase of a basis steeply and certainly. Thereby, sufficient optical responsibility can be acquired.

[0035] Moreover, while a steeper electro-optics property is acquired by using 2 terminal component as mentioned above, the number of the picture elements which can be driven with the signal of display capacity, i.e., a fixed duty ratio, can be increased.

[0036] In this invention, since it constitutes from an insulator layer which has the shape of concavo-convex surface type formed in this substrate front face in this reflective pixel electrode, and metallic reflection film formed so that the shape of that toothed might be reflected on this insulator layer, it becomes possible to form the pattern of the above-mentioned uneven configuration with a sufficient precision by photolithography processing of for example, the photopolymer film. Thereby, a front face can control the severe conditions of which the light reflex layer of an uneven configuration is required by this light reflex layer, for example, the pitch and height of heights, with a sufficient precision, and can form them.

[0037] In this invention, since torsion angle  $\theta$  of the above-mentioned spiral structure is made into about  $9\pi/4$ , the maximum optical responsibility can be acquired.

[0038] In this invention, since it had the orientation film constituted

so that the pre tilt angle of the liquid crystal molecule which constitutes said liquid crystal layer might serve as range which is 5 degrees - 20 degrees, threshold voltage can be set up low and, moreover, improvement in contrast can be aimed at.

[0039]

[Embodiment of the Invention] First, the basic principle of this invention is explained.

[0040] Drawing 3 (b) shows the electrical-potential-difference-permeability property in AWT mode, and drawing 13 (d) - drawing 13 (f) make the orientation condition in this AWT mode correspond to the applied-voltage range D, E, and F of drawing 3 (b), and show it, respectively. That is, an orientation condition in case drawing 13 (d) and (e) have applied voltage in the range D and E of drawing 3 (b), and drawing 13 (f) show the orientation condition in case applied voltage is in the range F of drawing 3 (b). In addition, if a liquid crystal molecule and polychroism coloring matter are distinguished, it does not break by drawing 13 (d) - drawing 13 (f), but the orientation condition of both whole mixture is shown.

[0041] The AWT mode of this invention carries out orientation of the liquid crystal molecule near the substrate front face of a liquid crystal layer almost horizontally to this substrate front face, and, for this reason, the liquid crystal molecule of the bulk section of a liquid crystal layer forms spiral structure in the quite stable condition compared with HWT mode. For this reason, even if the electrical potential difference of extent which is in an off condition is impressed to liquid crystal, the orientation condition of liquid crystal does not collapse, that condition is held at stability, when the electrical potential difference more than threshold voltage is impressed, change of the orientation condition of liquid crystal will arise for the first time, that is, the pitch of spiral structure will begin to be extended quickly. Thereby, a steep and clear threshold voltage property is acquired.

[0042] As for this property, the method of change changes with the natural pitch ( $p_0$ ) of spiral structure, and ratios with cel thickness (d). Drawing 14 (a) - drawing 14 (c) set torsion angle theta of spiral structure to  $2\pi$ , and the optical response characteristic when changing  $d/p_0$  is shown.

[0043] First, in  $d/p > 1.2$ , this drawing shows that a standup is late, in order that a liquid crystal molecule may not fully operate on a predetermined electrical potential difference (refer to drawing 14 (b)).

[0044] Moreover, in  $d/p < 0.8$ , when off-bias is impressed to liquid

crystal, it turns out that the condition that the field twisted 180 degrees would appear and would be in sufficient off condition, i.e., a value with the sufficiently small permeability of liquid crystal, is not acquired (refer to drawing 14 (c)).

[0045] And when torsion angle theta of spiral structure is  $2\pi$ , it turns out that the range of  $d/p_0$  which can drive the liquid crystal in AWT mode is  $0.8 \leq d/p_0 \leq 1.2$  (refer to drawing 14 (a)).

[0046] Moreover, when changing torsion angle theta and the same measurement as the above was followed, the optical property under the following conditions became good.

[0047]

(1) Torsion angle theta:  $2\pi \leq \theta \leq 5\pi/2$  (formula 1)  
(2) Cell thickness / natural pitch:  $(2\theta - \pi)/4\pi \leq d/p_0 \leq \theta/2\pi$  (formula 2)  
It sets under the condition of (1) and (2) further. Even if the electrical potential difference was impressed in the liquid crystal in AWT mode, when the electrical potential difference which with [ applied voltage ] threshold voltage [ below ] change from initial orientation does not arise and is impressed as off-bias was below threshold voltage, the response characteristic was the same as that of what is shown in above-mentioned drawing 14 (a). In this case, standup response-time  $t_{aur}$  It falls and is response-time  $t_{aud}$ . The sum is 100msec(s) and it is also checked that this value becomes 1/3 or less time amount compared with 340msec(s) in the HWT mode shown in drawing 15.

[0048] On the other hand, the patterning processing by the photolithography process removes alternatively the optical photopolymer applied on the insulating substrate, it heat-treats further, a metal thin film is formed in the whole surface after that, and the approach a front face creates a tooth-like reflective pixel electrode is indicated by JP, 4-243226, A.

[0049] If this process was used, when the severe conditions of which the reflective diffusion plate used for a reflective mold liquid crystal display is required at this were able to be controlled with sufficient repeatability and were able to be produced, that it is easy also turned out the switching element for driving liquid crystal, and to combine especially 2 terminal component with the above-mentioned reflective diffusion plate.

[0050] Thus, it has an electro-optics property with the clear threshold from which the orientation condition of liquid crystal does not change even if off-bias is impressed, and a sufficiently quick optical response characteristic, and the liquid crystal cell of the bright display mode

in which a low-battery drive is possible is realized, and since the above-mentioned driver voltage is low, active components, such as TFT and 2 terminal component, are combinable with this liquid crystal cell according to this invention.

[0051] furthermore, the thing for which the reflective pixel electrode which has a good diffuse reflection property is constituted so that a liquid crystal layer may be touched -- homogeneity orientation -- parallax -- being small -- bright -- moreover -- high -- it is obtained that low cost is also about the high-reflective-liquid-crystal equipment which has a contrast display property.

[0052] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained about drawing.

(Gestalt 1 of operation) Drawing 1 is drawing for explaining the liquid crystal display by the gestalt 1 of operation of this invention, drawing 1 (a) shows the cross-section structure, and drawing 1 (b) shows the direction of rubbing of the substrate of the pair which constitutes this liquid crystal display. Drawing 2 (a) - drawing 2 (e) are the sectional views showing the production approach of a substrate of having 2 terminal component among the substrates of a top Norikazu pair, in order of a process. In addition, in drawing 1, a liquid crystal molecule and polychroism coloring matter are not distinguished.

[0053] In drawing, 101 is the transparency mold liquid crystal display of the gestalt of this operation, and has the tooth-back substrate 18 in which the thin-film diode (henceforth TFD) 12 was carried as a 2 terminal component, and the front substrate 19 which countered this and was arranged on this tooth-back substrate 18. The above-mentioned thin-film diode 12 consists of Ta (tantalum) wiring 13 by which the laminating was carried out one by one on glass substrate 1a which constitutes the tooth-back substrate 18, 20Ta5 (tantalum oxide) insulating layer 14, and a Ti (titanium) electrode 15. Moreover, on this glass substrate 1a, pixel transparent electrode 2a which consists of ITO is formed so that the above-mentioned Ti electrode 15 may be touched, all over this glass substrate 1a, the above-mentioned thin-film diode 12 and pixel transparent electrode 2a are covered, and liquid crystal orientation film 3a is formed. On glass substrate 1b which constitutes the above-mentioned front substrate 19, stripe-like ITO film 2b is formed and liquid crystal orientation film 3b is further formed all over the method of a wrap in this.

[0054] Moreover, liquid crystal 4 is pinched between the above-mentioned tooth-back substrate 18 and the front substrate 19, and this liquid crystal 4 serves as AWT mode which is WT mode in which liquid crystal

molecule 4a of an interface part with both the above-mentioned substrates 18 and 19 carried out orientation almost in parallel with a substrate front face. The liquid crystal used here mixes anthraquinone and azo black polychroism coloring matter in ZLI-4792 (Merck Co. trade name), and about 1.65 [wt%] mixing of s-811 (Merck Co. trade name) is carried out at this liquid crystal as a chiral agent which is an optical-activity agent. Torsion angle theta of the liquid crystal molecular orientation at this time is  $9\pi/4$  [rad] (45 degrees), as shown in drawing 1 (b), and ratio  $d/p_0$  is 0.99. Moreover, the retardation ( $\delta_{tan}d$ ) of a liquid crystal molecule is 391 [nm], and he is trying to pass a liquid crystal layer in the liquid crystal used this time, without incident light carrying out the rotatory polarization. Here, the value and  $d$   $\delta_{tan}$  indicates the degree of a refractive-index anisotropy to be are cel thickness. Moreover, Xa is the direction of rubbing of the tooth-back substrate 18, and Xb is the direction of rubbing of the front substrate 19.

[0055] Next, the manufacture approach is explained. The production approach of the tooth-back substrate 18 of having carried the thin-film diode 12 first is explained. First, Ta thin film 13a is formed by the sputtering method on glass substrate 1a at the thickness of about 3000A (drawing 2 (a)).

[0056] Next, it is processed by photolithography processing so that it may become the configuration of a request of this Ta thin film 13a, and the Ta wiring 13 is formed (drawing 2 (b)).

[0057] Then, anodizing is performed to the front face of the above-mentioned Ta wiring 13, and the insulating layer 14 which consists of Ta 205 is formed in the thickness of about 600A (drawing 2 (c)).

[0058] Then, on 20Ta5 insulating layer 14, this Ti film is processed into a predetermined configuration by photolithography processing for forming Ti film by the sputtering method, and the Ti electrode 15 is formed (drawing 2 (d)). Thereby, a thin-film diode 12 is formed on the above-mentioned glass substrate 1a.

[0059] Finally, pixel transparent electrode 2a connected with the above-mentioned Ti electrode 15 by formation and patterning of the ITO film is formed (drawing 2 (e)).

[0060] Thus, Optomer AL4552 (Japan Synthetic Rubber Co., Ltd. trade name) is applied as an orientation film ingredient all over produced glass substrate 1a, it calcinates at 180 degrees C for 1 hour, and liquid crystal orientation film 3a is formed.

[0061] On the other hand, about the above-mentioned front substrate 19, stripe-like ITO film 2b is formed by formation and patterning of the ITO

film on glass substrate 1b, and after that, Optomer AL4552 is applied as an orientation film ingredient like glass substrate 1a by the side of the above-mentioned tooth-back substrate, it calcinates at 180 degrees C for 1 hour, and liquid crystal orientation film 3b is formed.

[0062] And rubbing processing is performed so that the orientation regulation direction may become the liquid crystal orientation film 3a and 3b of the above-mentioned glass substrates 1a and 1b with left-handed-rotation  $\pi/4$  [rad].

[0063] Then, the glass bead spacer of 4.5 [ $\mu\text{m}$ ] is sprinkled to either the above-mentioned tooth-back substrate 18 and the front substrate 19, the adhesive sealant which mixed the glass fiber of 5 [ $\mu\text{m}$ ] is screen-stenciled to it as a liquid crystal closure layer, and these both substrates 18 and 19 are stuck on it so that stripe-like ITO film 2b of the Ta signal line (wiring) 13 of the tooth-back substrate 18 and the front substrate 19 may intersect perpendicularly in the shape of a matrix. And liquid crystal 4 is poured in between both the above-mentioned substrates 18 and 19 by the vacuum deairing.

[0064] Next, the operation effectiveness is explained. Drawing 3 (b) shows the electric - optical property of the liquid crystal cell produced by doing in this way. As shown in this drawing, even if near 2.4 [V] shows a clear threshold property and the off-bias below threshold voltage is impressed, trouble is not produced in a response characteristic. In addition, the driver voltage wave used at this time is 1/240Duty. It is the voltage waveform of 1/8bias, and frame frequency is 80Hz. Sufficient brightness and contrast were acquired so that Von/Voff might be about 2.0 and the electrical potential difference impressed to a liquid crystal layer through a component at the time of on at this time might be understood for them also from drawing 3 (b), when Von and liquid crystal applied voltage at the time of off were set to Voff.

[0065] In the electric-optical property of a liquid crystal cell which is obtained on the above and these conditions and which does not have an active component, Von/Voff is set to 1.07 and shutter actuation of liquid crystal is impossible for it because of the hysteresis of the electrical-potential-difference-permeability property of liquid crystal.

[0066] In this example, thus, the liquid crystal 4 pinched between the tooth-back substrate 18 and the front substrate 19 Since it considered as the spiral structure to which liquid crystal molecule 4a near a substrate interface carries out orientation to abbreviation parallel to this substrate front face, and liquid crystal molecule 4a has a screw axis in the direction of cel thickness with an optically active

substance Even if the electrical potential difference of extent which is in an off condition is impressed to liquid crystal 4, the pitch of spiral structure begins ( drawing 13 (f) ) to be quickly extended only after becoming, when the orientation of liquid crystal molecule 4a does not collapse and the electrical potential difference more than threshold voltage is impressed, as shown in drawing 13 (e). For this reason, the dynamic range of a signal level becomes possible [ setting it as the narrow range containing the above-mentioned threshold voltage ].

[0067] Moreover, since the orientation of a liquid crystal molecule does not collapse even if the electrical potential difference of extent which is in an off condition as mentioned above is impressed to liquid crystal, as a driver element of liquid crystal, setting completely liquid crystal applied voltage in an off condition to 0 can use the difficult cheap thin-film diode 12, and it can aim at reduction of cost.

[0068] Furthermore, the natural pitch ( $p_0$ ) of spiral structure and the ratio of cel thickness ( $d$ ) which are produced with an optically active substance The relational expression  $(2 \theta - \pi) / 4 \pi d/p_0 \leq \theta / 2\pi$  which sets angle of torsion of this spiral structure to theta [rad] are filled, and torsion angle [ of spiral structure ] theta [rad] is  $2\pi \leq \theta \leq 5\pi/2$ . Since he is trying to become the value of the range of  $\theta \leq 5\pi/2$ , When a phase move of a liquid crystal molecule will arise rapidly and the applied voltage to liquid crystal is turned off by impressing a predetermined electrical potential difference to liquid crystal, it will return to the liquid crystal phase of a basis steeply and certainly. Thereby, sufficient optical responsibility can be acquired.

[0069] Moreover, with the gestalt of this operation, since torsion angle theta of the above-mentioned spiral structure is made into about  $9\pi/4$ , the maximum optical responsibility can be acquired.

[0070] In addition, although 2 terminal component was constituted from a gestalt of the above-mentioned implementation using Ta, Ta205, and Ti, if the component of the above-mentioned 2 terminal component is the combination from which it is not limited to the combination of these ingredients, and the nonlinear characteristic of diode is acquired like the above, the combination of what kind of ingredient is sufficient as it.

[0071] Moreover, it is not necessary to be a diode simple substance like [ component / 2 terminal ] the gestalt of the above-mentioned implementation, and a diode ring and a varistor are also available. The same effectiveness is acquired even if it uses a thin film transistor etc. for a pan besides 2 terminal component.

[0072] Furthermore, approaches, such as method vacuum evaporation of slanting, are sufficient as the approach of orientation control in addition to the rubbing method. Moreover, although referred to as 4.5 [μm] about cel thickness here, a desired property can be acquired in 3-20 [μm].

[0073] Moreover, although the chiral agent was mixed in liquid crystal as an optically active substance with the gestalt of the above-mentioned implementation, cholesteric liquid crystal is sufficient as an optically active substance.

[0074] moreover,  $\Delta n - d \leq 700$  [nm] since it is necessary to make it pass a liquid crystal layer, without the light which carried out incidence carrying out the rotatory polarization of the retardation ( $\Delta n - d$ ) of a liquid crystal molecule to a liquid crystal layer according to a twist of a liquid crystal molecule --] -- desirable --  $\Delta n - d \leq$  -- what is necessary is just 500 [nm] In the liquid crystal used this time and cel thickness, since it is  $\Delta n - d = 391$  [nm], incident light passes a liquid crystal layer, without carrying out the rotatory polarization.

[0075] (Gestalt 2 of operation) Drawing 4 is drawing for explaining the configuration of the reflective mold liquid crystal display by the gestalt 2 of operation of this invention, and the sectional view showing the production process of a reflective pixel electrode that drawing 5 (a) - drawing 5 (f) constitute this liquid crystal display, in order of a process, and drawing 6 are the top views showing the exposure mask used for the production process of this reflective pixel electrode.

[0076] In drawing 4, 102 is the reflective mold liquid crystal display of the gestalt of this operation, and has the tooth-back substrate 28 with which a front face has light reflex layer 5a of an uneven configuration, and the front substrate 19 which countered this and was arranged on this tooth-back substrate 28. As shown in drawing 5 (f), the above-mentioned light reflex layer 5a consists of the photopolymer layer 7 of the 1st layer which carried out patterning, photopolymer film 8 of the 2nd layer thinly formed so that the shape of toothing of this photopolymer film might be reflected on it, and an aluminum (aluminum) thin film 9 formed on this photopolymer film 8 so that it may have the shape of toothing, and has become a reflective pixel electrode. In addition, with the gestalt of this operation, it does not have active components, such as a thin-film diode in the gestalt 1 of operation which glass substrate 1a which constitutes the above-mentioned tooth-back substrate 28 mentioned above. And in addition to this, the same sign as drawing 1 being the same as that of the gestalt 1 of operation or a considerable part is shown.

[0077] Next, the production approach of the reflective pixel electrode of the above-mentioned liquid crystal display is explained.

[0078] First, only thickness 0.5-1.0 predetermined by the spin coater [mum] applies the photopolymer film 6 (trade name: OFPR800 Tokyo adaptation shrine make) which served as the insulating layer on glass substrate 1a in which ITO film 2a was formed as a signal electrode (drawing 5 (a)).

[0079] Next, it exposes using the protection-from-light mask 200 which has the protection-from-light pattern 201 as shows this photopolymer film 6 to drawing 6, negatives are developed further, and the mask layer (photopolymer film of the 1st layer) 7 which has an uneven configuration is formed (drawing 5 (b)).

[0080] Then, it heat-treats at 200 degrees C in the mask layer 7 by which patterning was carried out [above-mentioned], and the heights 7a is processed into roundish [wore] (drawing 5 (c)).

[0081] Then, on the mask layer 7 which performed the above-mentioned heat-treatment, it applies to the again same or thickness comparable as the process which shows a different photopolymer 8 to drawing 5 (a), and boom hoisting of a front face is smoothed (drawing 5 (d)).

[0082] And the photopolymer film 8 with which the front face is uneven is processed by photolithography processing so that it may become the same configuration as a pixel electrode (drawing 5 (e)).

[0083] Furthermore, aluminum (aluminum) thin film is formed by the sputtering method as metallic reflection film 9 on the photopolymer film 8 by which patterning was carried out. At this time, this metallic reflection film 9 will be connected to signal-electrode (ITO film) 2a through the contact hole 10 formed in a part of photopolymer layer 8 by the above-mentioned photolithography down stream processing. The metallic reflection film 9 will function as a reflective pixel electrode as it is by this. Thus, by carrying out processing processing of the formed metallic reflection film 9 so that it may become a predetermined pixel pattern, reflective pixel electrode 5a is formed, liquid crystal orientation film 3c is formed in the whole surface, and the tooth-back substrate 28 is completed.

[0084] And liquid crystal 4 is poured in for the tooth-back substrate 28 and the front substrate 19 which have this reflective pixel electrode 5a between lamination and both substrates by the same approach as the 1st example, and the liquid crystal display component 102 is produced.

[0085] Next, the operation effectiveness is explained. Drawing 7 shows the reflection property of the above-mentioned reflective pixel electrode 5a, and drawing 8 shows the measuring method of this

reflection property.

[0086] Measurement of the above-mentioned reflection property is performed by detecting the light which laid on the sample stage 23 by having made the above-mentioned tooth-back substrate 28 into measurement documentation 20 as shown in drawing 8, and outgoing radiation was carried out from the light source 22, and was reflected on the front face of the above-mentioned tooth-back substrate 28 by the electric eye 21. Moreover, this measurement changed the location for the electric eye 21 centering on the location on the normal of measurement documentation 20 front face, outgoing radiation light fixed to the location which carries out incidence aslant on the front face of measurement documentation 20, and the light source 22 went. Moreover, the reference set reflected light reinforcement of the standard white surface (MgO) to 100 [%]. Drawing 7 shows that a reflection property strong against less than 30 degrees is shown to the direction of incidence, and they have been the optimal conditions for a reflective mold liquid crystal display component. In addition, 24 is the reflection property of the above-mentioned reflective pixel electrode (light reflex layer) 5a, and 25 is a reflection property on the front face of MgO.

[0087] Moreover, with this liquid crystal display component, compared with the case of the conventional external reflecting plate, parallax becomes small and serves as a display with a good rear spring supporter at the wide field of view.

[0088] Furthermore, drawing 9 shows the electric - optical property of the reflective mold liquid crystal display 102, an early orientation condition is good and this property shows that liquid crystal drives to homogeneity also when an electrical potential difference is impressed.

[0089] Thus, while being able to set the dynamic range of a signal level as the narrow range like the gestalt 1 of the above-mentioned implementation with the gestalt 2 of operation In the effectiveness that sufficient optical responsibility can be acquired, in addition, the photopolymer film 8 formed the photopolymer film 7 which has the shape of concavo-convex surface type formed in this substrate front face in this reflective pixel electrode (light reflex layer) 5a, and on it, Since it constitutes from metallic reflection film 9 formed so that the shape of the toothing might be reflected on these resin film, it is effective in the ability for a front face to control the severe conditions of which reflective pixel electrode 5a of an uneven configuration is required at this, for example, the pitch and height of heights, with a sufficient precision, and form.

[0090] In addition, although ITO2a and the metallic reflection film 9

which are a signal electrode are connected with the gestalt of this operation through the contact hole 10 opened in the photopolymer layer which served as the insulating layer, this metallic reflection film 9 may be used as a signal electrode which serves as the reflective film. In this case, ITO film 2a as a signal electrode may not be formed in the photopolymer film 7 bottom. Moreover, it may leave the photopolymer layer 6 to the part from which the metallic reflection film is removed by patterning at this time.

[0091] Moreover, although aluminum was used as metallic reflection film with the gestalt of this operation, especially if it is the metal which has a uniform reflection property in a light field, and has a high reflection factor, it will not be limited to this.

[0092] (Gestalt 3 of operation) Drawing 10 (a) is a sectional view for explaining the reflective mold liquid crystal display by the gestalt 3 of operation of this invention. In drawing, 103a is the reflective mold liquid crystal display with 2 terminal component which used reflective pixel electrode 5a of the gestalt of this operation, and the thin-film diode 12 is carried in the tooth-back substrate 28a as an active component for driving liquid crystal. Here, reflective pixel electrode 5a consists of metal thin films 9 which were formed on a thin-film diode 12 and signal-electrode 2a and with which the front face was formed on it with the photopolymer film 16 of an uneven configuration. This metal thin film 9 is connected with the above-mentioned signal-electrode 2a through contact hole 16a formed in the above-mentioned photopolymer film 16. In addition, also in this example, the above-mentioned photopolymer film 16 consists of photopolymer film of the 1st layer by which patterning was carried out so that it might have the shape of toothing by photolithography processing, and photopolymer film of the two-layer eye which is formed on it and makes the shape of this toothing smooth like the 2nd example. And what, in addition to this, attached the same sign as drawing 4 is the same as that of the thing of the gestalt 2 of the above-mentioned implementation.

[0093] Moreover, manufacture of the reflective mold liquid crystal display of this example is performed as follows.

[0094] First, by the same processing as the process shown in drawing 2 (a) thru/or drawing 2 (d), a thin-film diode 12 is formed on glass substrate 1a, and as further shown in drawing 2 (e), ITO film 2a is formed as a signal electrode. Then, sequential formation of the above-mentioned photopolymer film 16 and the metal thin film 9 is carried out on the above-mentioned thin-film diode 12 and signal-electrode 2a by the same processing as the process shown in drawing 5 (a) thru/or drawing 5

(f). And liquid crystal orientation film 3a is formed all over the above-mentioned glass substrate 1a, orientation processing is performed, and tooth-back substrate 28a is completed.

[0095] After that, liquid crystal 4 is poured in for the above-mentioned tooth-back substrate 28a and the front substrate 19 between lamination and both substrates by the same approach as the gestalt 1 of operation, and liquid crystal display component (liquid crystal display) 103a is produced.

[0096] Next, the operation effectiveness is explained.

[0097] Compared with the display (at the time of \*\* 45%) of the reflective mold liquid crystal display which uses the polarizing plate in such TN mode as compared with the electrical-potential-difference-reflection factor property of the reflective mold liquid crystal display using TN (twisted-nematic) mode which drawing 11 shows the electrical-potential-difference-reflection factor property of the above-mentioned liquid crystal display component 103a, and shows this property in drawing 12, it turns out that the display with the quite brighter reflective mold liquid crystal display of the gestalt of this operation (at the time of \*\* 80%) is obtained.

[0098] Thus, with the gestalt of this operation, since the switching element is used, compared with the gestalt 2 of the above-mentioned implementation, a steeper electro-optics property is acquired and it is effective in the ability to increase display capacity. moreover, the gestalt 2 of the above-mentioned implementation -- like -- homogeneity orientation -- parallax -- being small -- bright -- high -- it cannot be overemphasized that the high-reflective-liquid-crystal equipment which has a contrast display property is obtained in low cost.

[0099] In addition, drawing 10 (b) shows the modification of the gestalt 3 of the above-mentioned implementation, and in drawing, 103b is the reflective liquid crystal display which carried the active component by this modification, by this reflective liquid crystal display 103b, reflective pixel electrode 5b is a point used as the structure which serves as signal-electrode 2a in reflective liquid crystal display 103a of the gestalt 3 of operation, and it differs from the above-mentioned reflective liquid crystal display 103a.

[0100] That is, in this reflective liquid crystal display 103b, in the metal thin film 9, it connects with the Ti electrode 15 of a thin-film diode 12 through contact hole 16a of the photopolymer film 16, and the above-mentioned tooth-back substrate 28b does not have signal-electrode 2a of the gestalt 3 of operation.

[0101] The manufacture approach of this reflective liquid crystal

display 103b differs from the thing of the gestalt 3 of the above-mentioned implementation on the above-mentioned thin-film diode 12 only at the point which carries out sequential formation of the above-mentioned photopolymer film 16 and the metal thin film 9 by the same processing as the process continuously shown in drawing 5 (a) thru/or drawing 5 (f) by the same processing as the process shown in drawing 2 (a) thru/or drawing 2 (d) after forming a thin-film diode 12 on glass substrate 1a.

[0102] Also in the modification of the gestalt 3 of implementation of such a configuration, the same effectiveness as the gestalt 3 of the above-mentioned implementation is done so.

[0103] (Gestalt 4 of operation) Drawing 17 is drawing for explaining the configuration of the reflective mold liquid crystal display by the gestalt 4 of operation of this invention, drawing 17 (a) shows the cross-section structure, and drawing 17 (b) shows the direction of rubbing of the substrate of the pair which constitutes this liquid crystal display. Drawing 18 (a) - drawing 18 (f) are the sectional views showing the production process of the reflective mold pixel electrode which constitutes this liquid crystal display in order of a process. In addition, in drawing 17, a liquid crystal molecule and polychroism coloring matter are not distinguished. In drawing 17, 104 is the reflective mold liquid crystal display of the gestalt of this operation, and has front substrate 19a by which the front face was arranged to this on tooth-back substrate 28c which has light reflex layer 5a of an uneven configuration, and this tooth-back substrate 28c.

[0104] As shown in drawing 18 (f), the above-mentioned light reflex layer 5a consists of an aluminum (aluminum) thin film 9 formed on the layer [ 1st ] photopolymer layer 7 which carried out patterning, the layer [ 2nd ] photopolymer layer 8 thinly formed so that the uneven configuration of this photopolymer film might be reflected on it, and this photopolymer layer 8 so that it may have an uneven configuration, and has become a reflective pixel electrode. All over this glass substrate 1a, the above-mentioned reflector 5a is covered and 3d of liquid crystal orientation film is formed. On glass substrate 1b which constitutes the above-mentioned front substrate 19a, stripe-like ITO film 2b is formed and liquid crystal orientation film 3e is further formed all over the method of a wrap in this.

[0105] Moreover, liquid crystal 4 is pinched between above-mentioned tooth-back substrate 28c and front substrate 19a, and this liquid crystal 4 serves as AWT mode which is WT mode in which liquid crystal molecule 4a of an interface part with both the above-mentioned

substrates 28c and 19a carried out orientation almost in parallel with a substrate front face. With the gestalt 4 of this operation, the component of the above-mentioned liquid crystal orientation film 3d and 3e, the reinforcement of rubbing processing, etc. are adjusting the pre tilt angle of a liquid crystal molecule, and the pre tilt angle of a liquid crystal molecule has become 5 degrees.

[0106] The liquid crystal used here mixes anthraquinone and azo black polychroism coloring matter in ZLI-4792 (Merck Co. trade name), and about 1.65 [wt%] mixing of s-811 (Merck Co. trade name) is carried out at this liquid crystal as a chiral agent which is an optical-activity agent.

[0107] Angle-of-torsion theta of the liquid crystal molecular orientation at this time is 360 degrees as shown in drawing 17 (b), and d/p0 is about 1. Moreover, with the liquid crystal used here, it is the litter of a liquid crystal molecule. Day SHON (deltan-d) is 470 [nm], and he is trying to pass a liquid crystal layer, without incident light carrying out the rotatory polarization. Here, the value and d \*\*n indicates the degree of a refractive-index anisotropy to be are cel thickness. Moreover, Xa is the direction of rubbing of tooth-back substrate 28c, and Xb is the direction of rubbing of front substrate 19a.

[0108] Next, the manufacture approach is explained.

[0109] First, only thickness 0.5-1.0 predetermined by the spin coater [ $\mu\text{m}$ ] applies the photopolymer film 6 (trade name: OFPR800 Tokyo adaptation shrine make) which served as the insulating layer on glass substrate 1a in which ITO film 2a was formed as a signal electrode (drawing 18 (a)).

[0110] Next, it exposes using the protection-from-light mask 200 which has the protection-from-light pattern 201 as shows this photopolymer film 6 to drawing 6, negatives are developed further, and the mask layer (photopolymer film of the 1st layer) 7 which has an uneven configuration is formed (drawing 18 (b)).

[0111] Then, it heat-treats at 200 degrees C in the mask layer 7 by which patterning was carried out [above-mentioned], and the heights 7a is processed into roundish [wore] (drawing 18 (c)).

[0112] Then, on the mask layer 7 which performed the above-mentioned heat-treatment, it applies to the again same or thickness comparable as the process which shows a different photopolymer 8 to drawing 18 (a), and boom hoisting of a front face is smoothed (drawing 18 (d)).

[0113] And the photopolymer film 8 with which the front face is uneven is processed by photolithography processing so that it may become the same configuration as a pixel electrode. (Drawing 18 (e)) .

[0114] Furthermore, aluminum (aluminum) thin film is formed by the sputtering method as metallic reflection film 9 on the photopolymer film 8 by which patterning was carried out. At this time, this metallic reflection film 9 will be connected to signal-electrode (ITO film) 2a through the contact hole 10 formed in a part of photopolymer layer 8 by the above-mentioned photolithography down stream processing. That is, the metallic reflection film 9 will function as a reflective pixel electrode as it is by this.

[0115] Thus, by carrying out processing of the formed metallic reflection film 9 so that it may become a predetermined pixel pattern, reflective pixel electrode 5a is formed, the orientation film ingredient B later mentioned on the whole surface is applied further, it calcinates at 180 degrees C for 1 hour, and 3d of liquid crystal orientation film is formed. This completes tooth-back substrate 28c.

[0116] By the way, after enclosing the above-mentioned coloring matter liquid crystal mixture between lamination and these both glass substrates so that angle of torsion of liquid crystal molecular orientation may become 360 degrees about the glass substrate with ITO of the pair which applied and calcinated the above-mentioned orientation film ingredient B on the above-mentioned conditions, when the pre tilt angle was measured with the magnetic field volumetric method, the pre tilt angle was 5 degrees. Moreover, when the pre tilt angle was measured like the above-mentioned orientation film ingredient B about a different orientation film ingredient A from the above-mentioned orientation film ingredient B, the pre tilt angle was 1 degree. In addition, even if not only selection of the ingredient of the orientation film but its component of a setup of a pre tilt angle is the same, it can also be performed by changing the reinforcement of rubbing processing etc.

[0117] On the other hand, about above-mentioned front substrate 19a, stripe-like ITO film 2b is formed by formation and patterning of the ITO film on glass substrate 1b, after that, the orientation film ingredient B is applied like glass substrate 1a by the side of the above-mentioned tooth-back substrate 28c, 180 degrees C is calcinated for 1 hour, and liquid crystal orientation film 3e is formed.

[0118] And rubbing processing is performed so that the orientation regulation direction may become 360 degrees on the liquid crystal orientation film 3d and 3e of the above-mentioned glass substrates 1a and 1b.

[0119] Then, the glass bead spacer of 4.5 [μm] is sprinkled to either above-mentioned tooth-back substrate 28c and front substrate 19a, the adhesive sealant which mixed the glass fiber of 5 [μm] is screen-

stenciled to it as a liquid crystal injection layer, and these both substrates 28c and 19a are stuck on it so that stripe-like ITO film 2b of the signal line (wiring) of tooth-back substrate 28c and front substrate 19a may intersect perpendicularly in the shape of a matrix. And liquid crystal 4 is poured in between both above-mentioned substrates 28c and 19a by the vacuum deairing.

[0120] Next, the operation effectiveness is explained.

[0121] Drawing 19 shows the electric - optical property of the liquid crystal cell produced by doing in this way. In addition, the driver voltage wave used at this time is a voltage waveform of 1/240Duty, and 1/8bias, and frame frequency is 40Hz.

[0122] Drawing 19 (a) is drawing showing the electric - optical property of the liquid crystal cell when using the orientation film ingredient A, and drawing 19 (b) is drawing showing the electric - optical property of the liquid crystal cell when using the orientation film ingredient B. As shown in this drawing, in the thing using the orientation film ingredient B, the electrical potential difference on which the pitch of the spiral structure of liquid crystal molecule 4a begins to be extended is 2.3V, and although the orientation film ingredient A was used, compared with 2.6V, it is low, that is, threshold voltage becomes low.

[0123] Moreover, although the reflection factor at the time of off showed the reflection factor same in any [ of the orientation film ingredients A and B ] case, when, as for the reflection factor, the applied voltage of a liquid crystal layer became high by the thing of the orientation film ingredient B at the time of on and contrast was expressed by the ratio of a reflection factor in case applied voltage is 0V and 5V, contrast was set to 5.3 by the thing of the orientation film ingredient B, and higher contrast was acquired compared with 3.6 of the thing of the orientation film ingredient A.

[0124] As for newspaper contrast, generally, it is desirable that it is about 5 and is the contrast beyond it in a reflective mold liquid crystal display.

[0125] Thus, in this example, by changing the orientation film and raising the pre tilt angle of a liquid crystal molecule, the above-mentioned threshold voltage can be set up low and contrast can be raised.

[0126] In addition, although the orientation film ingredient B with which the pre tilt angle of a liquid crystal molecule becomes 5 degrees was used with the gestalt 4 of the above-mentioned implementation, the same effectiveness will be acquired if the pre tilt angle of a liquid crystal molecule is within the limits which is 5 degrees - 20 degrees. However, since the reflection factor at the time of an electrical

potential difference off becomes high while threshold voltage will become low similarly and the reflection factor at the time of an electrical potential difference on will become high, if this pre tilt angle becomes 20 degrees or more, contrast becomes low (refer to drawing 20). For this reason, as for the pre tilt angle of a liquid crystal molecule, it is desirable that it is the range of 5 degrees - 20 degrees. Here, a setup of the pre tilt angle of the liquid crystal molecule in above-mentioned within the limits can be performed also by adjusting the reinforcement of rubbing processing.

[0127] Moreover, although ITO2a and the metallic reflection film 9 which are a signal electrode are connected with the gestalt 4 of this operation through the contact hole 10 opened in the photopolymer layer which served as the insulating layer, this metallic reflection film 9 may be used as a signal electrode which serves as the reflective film. In this case, ITO film 2a as a signal electrode may not be formed in the photopolymer film 7 bottom. Moreover, it may leave the photopolymer layer 6 to the part from which the metallic reflection film is removed by patterning at this time.

[0128] Moreover, although aluminum was used as metallic reflection film with the gestalt 4 of this operation, especially if it is the metal which has a uniform reflection property in a light field, and has a high reflection factor, it will not be limited to this.

[0129] Furthermore, approaches, such as method vacuum evaporation of slanting, are sufficient as the approach of orientation control in addition to the rubbing method. Moreover, although referred to as 5 [μm] also about cel thickness here, a desired property can be acquired in 3-20 [μm].

[0130] Moreover, although the chiral agent was mixed in liquid crystal as an optically active substance with the gestalt 4 of the above-mentioned implementation, cholesteric liquid crystal is sufficient as an optically active substance.

[0131] With the gestalt 4 of the above-mentioned implementation, although the case of 360 degrees was shown as angle of torsion, if it is the range of angle-of-torsion theta of this invention mentioned above ( $2\pi \leq \theta \leq 5\pi/2$ ), it will not be limited to this.

[0132]

[Effect of the Invention] As mentioned above, according to this invention, it has an electro-optics property with the clear threshold from which the orientation condition of liquid crystal does not change even if off-bias is impressed, and a sufficiently quick optical response characteristic, the liquid crystal display of the bright display mode in

which a low-battery drive is possible can be realized, and, for this reason, active components, such as TFT and 2 terminal component, can be used as a driver element of liquid crystal. furthermore, a thing equipped with the reflective pixel electrode which has the good diffuse reflection property formed so that a liquid crystal layer might be touched -- homogeneity orientation -- parallax -- being small -- bright -- moreover -- high -- the high-reflective-liquid-crystal equipment of the low cost which has a contrast display property can be obtained.

[0133] Moreover, since the pre tilt angle of the liquid crystal molecule which constitutes a liquid crystal layer constitutes the orientation film so that it may become the range of 5 degrees - 20 degrees, while being able to set up threshold voltage lower, further improvement in contrast can be aimed at.

---

#### DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is a sectional view for explaining the configuration of the transparency mold liquid crystal display with 2 terminal component by the gestalt 1 of operation of this invention, and the configuration (transparency mold) of an active component and the liquid crystal cell in the carried AWT mode is shown.

[Drawing 2] It is drawing showing the production approach of a tooth-back substrate which constitutes the liquid crystal display of the gestalt 1 of the above-mentioned implementation of having an active component, in order of a process.

[Drawing 3] It is drawing comparing and showing the electrical-potential-difference-permeability property in HWT mode and AWT mode, and drawing 3 (a) shows the electrical-potential-difference-permeability property in HWT mode, and drawing 3 (b) shows the electrical-potential-difference permeability property in AWT mode.

[Drawing 4] It is the sectional view showing the configuration of the reflective mold liquid crystal display component by the gestalt 2 of operation of this invention, and the cel configuration (reflective mold) of an AWT mode cel is shown.

[Drawing 5] It is drawing showing the production approach of the reflective pixel electrode which constitutes the reflective liquid crystal display of the gestalt 2 of the above-mentioned implementation

in order of a process.

[Drawing 6] It is drawing showing an example of the photo mask used with the making process of the reflective pixel electrode in the reflective liquid crystal display of the gestalten 2 and 4 of the above-mentioned implementation.

[Drawing 7] It is drawing showing the reflection property of the reflective pixel electrode in the reflective liquid crystal display of the gestalt 2 of the above-mentioned implementation.

[Drawing 8] It is drawing for explaining the measuring method which measures the reflection property of the above-mentioned reflective pixel electrode.

[Drawing 9] It is drawing showing the electrical-potential-difference-reflection factor property of the reflective liquid crystal display of the gestalt 2 of the above-mentioned implementation.

[Drawing 10] It is drawing showing the cel configuration of the reflective mold liquid crystal display with 2 terminal component by the gestalt 3 of operation of this invention, and drawing 10 (a) shows the structure where the reflector was contacted to the pixel electrode, and drawing 10 (b) shows the structure which carried out direct continuation of the reflector to the outgoing end of a switching element.

[Drawing 11] It is drawing showing the electrical-potential-difference-reflection factor property of the reflective mold liquid crystal display of the gestalt 3 of the above-mentioned implementation.

[Drawing 12] It is drawing showing the electrical-potential-difference-reflection factor property of the reflective mold liquid crystal display using TN mode cel.

[Drawing 13] It is drawing showing the orientation change at the time of initial orientation and electrical-potential-difference impression by comparison in HWT mode and AWT mode. Drawing 13 (a), (b), and (c) show the initial orientation in HWT mode, the orientation condition at the time of minute electrical-potential-difference impression, and the orientation condition at the time of liquid crystal ON, respectively, and drawing 13 (d), (e), and (f) show the initial orientation in AWT mode, the orientation condition at the time of minute electrical-potential-difference impression, and the orientation condition at the time of liquid crystal ON, respectively.

[Drawing 14] It is drawing for explaining the response characteristic of the liquid crystal cell in AWT mode, and drawing 14 (a) shows the response characteristic in d/p 0= 0.99, drawing 14 (b) shows the response characteristic in d/p 0= 1.1, and drawing 14 (c) shows the response characteristic in d/p 0= 0.75.

[Drawing 15] It is drawing showing the response characteristic of the liquid crystal cell in HWT mode.

[Drawing 16] It is drawing showing the relation of the installation location of a light reflex layer and parallax in the conventional reflective liquid crystal display, and the above-mentioned relation is shown about the structure where, as for drawing 16 (a), a light reflex layer touches light reflex layer external structure, and drawing 16 (b) touches a liquid crystal layer.

[Drawing 17] It is the sectional view showing the configuration of the reflective mold liquid crystal display component by the gestalt 4 of operation of this invention, and the cel configuration (reflective mold) of an AWT mode cel is shown.

[Drawing 18] It is drawing showing the production approach of the reflective pixel electrode which constitutes the reflective liquid crystal display of the gestalt 4 of the above-mentioned implementation in order of a process.

[Drawing 19] It is drawing for explaining the electrical-potential-difference-reflection factor property of the reflective liquid crystal display of the gestalt 4 of the above-mentioned implementation, and the thing ( drawing 19 (b)) using the orientation film ingredient B with which a pre tilt angle becomes 5 degrees with the thing ( drawing 19 (a)) using the orientation film ingredient A with which a pre tilt angle becomes 1 degree is shown.

[Drawing 20] It is drawing showing the relation of the pre tilt angle and contrast in the reflective liquid crystal display of the gestalt 4 of the above-mentioned implementation.

[Description of Notations]

1a, 1b Glass substrate

2a, 2b ITO film

3a, 3b, 3c, 3d, 3e Liquid crystal orientation film

4 Liquid Crystal Layer

5, 5a, 5b Reflective pixel electrode

7 Photopolymer Film (the 1st Layer)

8 Photopolymer Film (Two-layer Eye)

9 Metallic Reflection Film

10 16a Contact hole

12 Thin-film Diode (TFD)

13 Ta (Tantalum) Thin Film

14 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Tantalum Oxide) Layer

15 Ti (Titanium) Electrode

16 Photopolymer Film

18, 28, 28a, 28b, 28c Tooth-back substrate  
19 19a Front substrate  
20 Measurement Documentation  
21 Electric Eye  
22 Light Source  
23 Sample Stage  
24 Reflection Property of Light Reflex Layer  
25 Reflection Property of MgO  
26 Observer  
27 Optical Path  
101, 102, 103a, 103b, 104 Liquid crystal display (liquid crystal display component)

---

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-166605

(43)公開日 平成8年(1996)6月25日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 F 1/137  
1/1335  
1/1337  
1/136

識別記号

序内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全17頁)

(21)出願番号 特願平7-187583

(22)出願日 平成7年(1995)7月24日

(31)優先権主張番号 特願平6-249594

(32)優先日 平6(1994)10月14日

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 潤山 豊

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(72)発明者 中村 正子

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

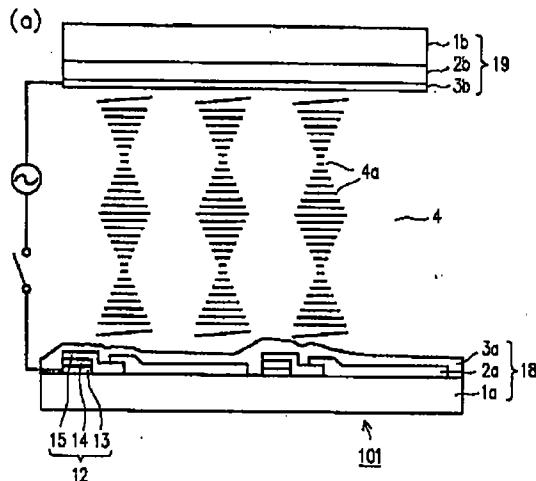
(74)代理人 弁理士 山本 秀策

(54)【発明の名称】 液晶表示装置

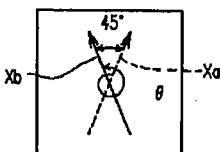
(57)【要約】

【課題】 off状態である程度の電圧が液晶4に印加されても、液晶分子4aの配向が崩れることなく、閾値電圧以上の電圧が印加された時になって初めて螺旋構造のピッチが急速に伸び始めるようにし、これにより、信号電圧のダイナミックレンジを、上記閾値電圧を含む狭い範囲に設定可能とする。

【解決手段】 背面基板18及び前面基板19間に挟持される液晶4を、基板界面付近の液晶分子4aが該基板表面に対し略平行に配向し、かつ液晶分子4aが光学活性物質によってセル厚方向に螺旋軸を持つ、液晶分子配向の捻れ角θが $9\pi/4$ である螺旋構造とした。



(b)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくともその一方が透明である一对の基板と、該一对の基板間に挟持された液晶層とを備え、該液晶層は、正の誘電率異方性を有する液晶からなり、該液晶は、基板界面付近の液晶分子の長軸が該基板に対し略平行であり、該液晶中に多色性色素と光学活性物質としてのコレステリック液晶もしくはカイラル剤とが混入され、液晶分子が該光学活性物質によってセル厚方向に螺旋軸を持つ螺旋構造を有するものであり、該光学活性物質により生じる螺旋構造の自然ピッチ( $p_0$ )とセル厚(d)の比が、該螺旋構造のねじれ角を $\theta$  [rad]とする関係式 $(2\theta - \pi) / 4\pi < d/p_0 \leq \theta/2\pi$ を満たすものであり、該螺旋構造のねじれ角 $\theta$  [rad]が、 $2\pi \leq \theta \leq 5\pi/2$ の範囲の値である液晶表示装置。

【請求項2】 少なくともその一方が透明である一对の基板と、

該一对の基板間に挟持された液晶層とを備え、該一对の基板の一方は、該液晶層をこれによる光学的シャッタ動作が起こるよう駆動するアクティブ素子を有し、

該液晶層は、正の誘電率異方性を有する液晶からなり、該液晶は、基板界面付近の液晶分子の長軸が該基板に対し略平行であり、該液晶中に多色性色素と光学活性物質としてのコレステリック液晶もしくはカイラル剤とが混入され、液晶分子が該光学活性物質によってセル厚方向に螺旋軸を持つ螺旋構造を有するものであり、該光学活性物質により生じる螺旋構造の自然ピッチ( $p_0$ )とセル厚(d)の比が、該螺旋構造のねじれ角を $\theta$  [rad]とする関係式 $(2\theta - \pi) / 4\pi < d/p_0 \leq \theta/2\pi$ を満たすものであり、該螺旋構造のねじれ角 $\theta$  [rad]が、 $2\pi \leq \theta \leq 5\pi/2$ の範囲の値である液晶表示装置。

【請求項3】 前記アクティブ素子は非線形素子からなり、該非線形素子は、MIM、ダイオード、バリスタあるいはTFTである請求項2記載の液晶表示装置。

【請求項4】 前記一对の基板の一方は、前記液晶層に接するよう設けられた反射画素電極を有し、

該反射画素電極は、該基板表面に形成された、凹凸の表面形状を有する絶縁膜と、該絶縁膜上にその凹凸形状を反映するよう形成された金属反射膜とから構成されている請求項1または2記載の液晶表示装置。

【請求項5】 前記螺旋構造のねじれ角 $\theta$ は、 $9\pi/4$ 程度である請求項1または2記載の液晶表示装置。

【請求項6】 前記一对の基板は、前記液晶層を構成する液晶分子のプレチルト角が $5^\circ \sim 20^\circ$ の範囲となるよう構成した配向膜を有する請求項1または2記載の液晶表示装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は液晶表示装置に関し、特に駆動電圧の低圧化、光応答性及びコントラストの向上に関する。

## 【0002】

【従来の技術】反射型液晶表示装置は、周囲光を光源として利用するので、バックライトが不要であり、軽量、薄型、低消費電力という液晶の利点を最大限に生かすことが可能なデバイスであるが、その反面、周囲光を利用することから表示画面の明るさに限りがあり、偏光板、カラーフィルタ等を用いた場合に表示輝度がかなり低下してしまい暗い表示となるという問題がある。

【0003】この問題の対策として、従来から、リターデイションを最適化し偏光板の使用枚数を可能な限り少なくする、例えば偏光板を1枚用いた反射型STN(supertwisted-nematic)方式とするとか、液晶中に多色性色素を混入したゲストホスト(Guest-Host以下GHと称する。)モードを利用するといった方法がとられている。

【0004】中でも、ネマティック液晶とコレステリック液晶の間の相転移を利用した相転移型GHモード(別名White-Taylor型 Guest-Hostと呼ばれており、以下WTモードと称する。)の液晶は、偏光板を全く使用しないため他のモードを用いた液晶に比べ非常に明るい表示が得られる。

【0005】このWHモードの液晶は、基板表面の液晶分子が垂直配向され、コレステリック層のらせんピッチも小さいものであり、具体的には、セル厚をd、螺旋ピッチをpとすると、 $d/p > 2$ である。以下、基板界面の液晶分子が垂直配向したWTモードをHWT(homotropic WT)モードと略記する。

【0006】図3(a)はこのHWTモードにおける電圧-透過率特性を示し、また図13(a)～(c)は、それぞれ該HWTモードにおける配向状態を、図3

(a)での印加電圧範囲A, B, Cに対応させて示している。つまり、図13(a)は、印加電圧が図3(a)の範囲Aにある時の配向状態(初期配向状態)、図13(b)は、印加電圧が図3(a)の範囲Bにある時の配向状態、図13(c)は、印加電圧が図3(a)の範囲Cにある時の配向状態を示している。尚、図13(a)～(c)では液晶分子と多色性色素を区別してはおらず、両者の混合物全体の配向状態を示している。

【0007】また一方、このような反射型液晶表示装置において用いられる、2端子素子を用いた反射画素電極構造として特開平3-41420号公報に開示のものがあり、この公報には、平坦な層間絶縁膜上に蒸着により金属膜を形成し、該金属膜の表面をエッチングして反射画素電極を作製する方法が示されている。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、HWTモー

ドの場合、もともと垂直配向しようとする液晶分子を、光学活性物質を混入することによって、螺旋構造において液晶層の中間層（バルク）の分子がとる螺旋軸が基板に対し略垂直になるように配向制御している。

【0009】このHWTモードの液晶セルに電圧を印加すると、配向状態は図13(a)～(c)に示すように散乱状態（図13(b)参照）を経て配向変化を起こす。このために閾値電圧が不明確であり、しかも図3(a)に示すように低い電圧で広い電圧範囲Bにわたって散乱状態を示すこととなる。

【0010】このように、微小電圧により容易に初期配向状態が崩れ、散乱状態へと推移することや、光遮光性が高くなるよう螺旋ピッチを小さくすることに起因して生じる駆動信号電圧の増大のために、信号電圧のダイナミックレンジ（信号電圧の幅）の増大を招き、以下のような問題が生じる。

【0011】(1) 第1に、マトリクス駆動の場合、素子耐圧の高い薄膜トランジスタ（以下TFTと称する。）を用いる必要が生じ、駆動電圧の面から好ましくなく、また、信号電圧の高圧化により表示装置そのもののコストが上がってしまうという欠点がある。

【0012】(2) 第2に、コスト的に有利である2端子素子では、off状態で液晶に印加される信号電圧を0[V]することは困難であり、いくらかの電圧が印加される。そのためにダイナミックレンジの大きいHWTモードを2端子素子と組み合わせると、off状態でも液晶の配向状態が散乱状態となり、これらの組み合わせにより良好な表示特性を有する液晶表示装置を得ることは難しい。

【0013】(3) 第3に、HWTモードでは、微小電圧により容易に初期配向状態が崩れるため、液晶をTFTで駆動する際に、アクティブ素子のついていない対向基板側の電極から一定の電圧を液晶に印加し、信号電圧のダイナミックレンジを小さくする等の低消費電力駆動が不可能となる。

【0014】したがって、TFTや2端子素子などのスイッチング素子を従来のHWT型液晶表示モードにそのまま適用することは実現不可能であり、液晶モードのチルト角、セル厚さと螺旋ピッチの比率( $d/p_0$ )などの各種条件を最適化しなければならないという問題があった。

【0015】また、図16(b)に示すように、反射板として、液晶層4に接するように光反射層5をガラス基板1b上に形成することで、視差のない良好な表示が得られる。なお、図16中、1aはITO膜2が形成されたガラス基板で、これに対向するガラス基板1bとともに液晶層4を挟持している。また、27は光源2から出射し上記光反射層5で反射して観測者6に至る光路である。

【0016】ここで、該光反射層5に求められる特性と

しては、(1) ある程度の散乱特性を持つこと、(2) 光反射特性にある程度の指向性を有すること、(3) 光反射層表面の凸部（図示せず）の高さ、大きさ、ピッチをそろえると、隣接した凸部で反射した光どうしが干渉し、色付きが起こるため、凸部の高さ、大きさ、ピッチを色付きが生じないようランダムにすることが挙げられる。

【0017】上記条件を満足する光反射層の表面形状としては、その凸部の底面の直径若しくは長軸が3～50[μm]の円若しくは楕円であり、隣接する凸部との間隔が1[μm]以上であり、更に上記形状の凸部がランダムに存在するものが有効である。

【0018】また、上記光反射層表面の凸部の高さ方向の寸法に関しては、光反射層が液晶層に接してその界面に凹凸部分が形成されるため、該界面の凹凸形状が液晶層のセル厚のむらとなるが、このむらが、AWT(anti parallel WT)モードの液晶分子配向に影響を与えない範囲にとどめる必要がある。ここで光反射層の凸部あるいは凹部の先端部の形状は、良好な拡散反射を実現するため円状か楕円状にしなければならない。なお、上記AWTモードは、基板界面の液晶分子がほぼ平行配向したWTモードを言い、HWTモードと区別される。

【0019】さらに、セル厚さと螺旋構造の自然ピッチとの比率( $d/p_0$ )のマージンを、セル厚のマージンに換算した結果、セル厚dのばらつき $\Delta d$ のマージンは、 $|d| \leq 1.0$ [μm]となる。このことから、光反射層の凸部の高さの中央部を平均セル厚とし、そこから±0.5[μm]、即ち凸部の高さが1[μm]以下であれば液晶の配向に悪影響を与えることなく光反射層を形成することが可能である。

【0020】これらの実験に基づいた検討から、光反射層の形状は、高さが1[μm]以下であり、凸部底面の直径、又は長軸が3～50[μm]の円又は楕円で、隣接する凸部のピッチは1[μm]以上であることが望ましい。

【0021】しかしこのような厳しい条件を精度良く制御することは、上記特開平3-41420号公報記載のように金属膜をエッチングする方法では困難であった。

【0022】一方、スイッチング素子を用いないで液晶の駆動を行う改良WT型の技術として、U.S.P.4,596,446、公開昭59-28130号公報に記載のものがある。ここでは単純マトリクス駆動に最適な条件を設定しているために、ヒステリシスの生じない領域、即ち捻れ角が $\pi \sim 2\pi$ [rad]の範囲しか液晶表示に使用することができず、多色性色素を混入したGHモードで用いる場合、光の吸収が十分起こらずコントラストの低下が生じるという問題があった。

【0023】さらに、反射板を設置する場合、図16(a)に示すように従来の外付け法、つまり液晶セルの

背後に反射板5を配設する方法では、ガラス基板1bの厚みによる視差が生じ、視覚特性を著しく低下させていた。

【0024】本発明は上記のような問題点を解決するためになされたもので、液晶の駆動を低電圧により行うことができ、しかも光応答性が高く、明るく、高コントラストかつ良好な視覚特性を有する低成本な液晶表示装置を得ることが本発明の目的である。

#### 【0025】

【課題を解決するための手段】この発明に係る液晶表示装置は、少なくとも一方の基板が透明である一对の基板と、該両基板間に挟持された液晶層とを備えている。該液晶は、正の誘電率異方性を有し、基板界面付近の液晶分子が該基板に対し略平行であり、該液晶中に多色性色素と光学活性物質としてのコレステリック液晶もしくはカイラル剤が混入され、液晶分子が光学活性物質によってセル厚方向に螺旋軸を持つ螺旋構造を有するものである。光学活性物質により生じる螺旋構造の自然ピッチ( $p_0$ )とセル厚(d)の比は、該螺旋構造のねじれ角を $\theta$  [rad]とする関係式 $(2\theta - \pi/4\pi < d/p_0 \leq \theta/2\pi)$ を満たすものである。螺旋構造のねじれ角 $\theta$  [rad]は、 $2\pi \leq \theta \leq 5\pi/2$ の範囲の値である。そのことにより上記目的が達成される。

【0026】この発明に係る液晶表示装置は、少なくとも一方の基板が透明である一对の基板と、該両基板間に挟持された液晶層とを備えている。該液晶は、正の誘電率異方性を有し、基板界面付近の液晶分子が該基板に対し略平行であり、該液晶中に多色性色素と光学活性物質としてのコレステリック液晶もしくはカイラル剤が混入され、液晶分子が光学活性物質によってセル厚方向に螺旋軸を持つ螺旋構造を有するものである。光学活性物質により生じる螺旋構造の自然ピッチ( $p_0$ )とセル厚(d)の比は、該螺旋構造のねじれ角を $\theta$  [rad]とする関係式 $(2\theta - \pi/4\pi < d/p_0 \leq \theta/2\pi)$ を満たすものである。螺旋構造のねじれ角 $\theta$  [rad]は、 $2\pi \leq \theta \leq 5\pi/2$ の範囲の値である。該一对の基板の一方は、該液晶層をこれによる光学的シャッタ動作が起こるよう駆動するアクティブ素子を有するものである。そのことにより上記目的が達成される。

【0027】この発明は、上記液晶表示装置において、前記アクティブ素子が非線形素子からなり、該非線形素子が、MIM、ダイオード、バリスタあるいはTFTであることが好ましい。

【0028】この発明は、上記液晶表示装置において、前記一对の基板の一方が、前記液晶層に接するよう設けられた反射画素電極を有し、該反射画素電極が、該基板表面に形成された、凹凸の表面形状を有する絶縁膜と、該絶縁膜上にその凹凸形状を反映するよう形成された金属反射膜とから構成されていることが好ましい。

【0029】この発明は、上記液晶表示装置において、

上記螺旋構造のねじれ角 $\theta$ が、 $9\pi/4$ 程度であることが好ましい。

【0030】この発明は、上記液晶表示装置において、前記一对の基板が、前記液晶層を構成する液晶分子のプレチルト角が $5^\circ \sim 20^\circ$ の範囲となるよう構成した配向膜を有することが好ましい。

【0031】以下、作用について説明する。

【0032】この発明においては、一对の基板間に挟持される液晶を、基板界面付近の液晶分子が該基板に対し略平行に配向し、かつ液晶分子が光学活性物質によってセル厚方向に螺旋軸を持つ螺旋構造としたから、o ff状態である程度の電圧が液晶に印加されても、液晶分子の配向が崩れることなく、閾値電圧以上の電圧が印加された時になって初めて螺旋構造のピッチが急速に伸び始める。このため、信号電圧のダイナミックレンジは、上記閾値電圧を含む狭い範囲に設定することが可能となる。

【0033】また、上記のようにo ff状態である程度の電圧が液晶に印加されても、液晶分子の配向が崩れることがないため、液晶の駆動素子として、o ff状態での液晶印加電圧を完全に0にするのが困難である2端子素子を用いることができ、コストの削減を図ることができる。

【0034】さらに、光学活性物質により生じる螺旋構造の自然ピッチ( $p_0$ )とセル厚(d)の比が、該螺旋構造のねじれ角を $\theta$  [rad]とする関係式 $(2\theta - \pi)/4\pi < d/p_0 \leq \theta/2\pi$ を満たし、かつ螺旋構造のねじれ角 $\theta$  [rad]が、 $2\pi \leq \theta \leq 5\pi/2$ の範囲の値となるようにしているため、所定電圧を液晶に印加することにより、液晶分子の相移転が急激に生ずることとなり、また液晶への印加電圧をオフした時には、もとの液晶相に急峻にしかも確実に戻ることとなる。これにより十分な光応答性を得ることができる。

【0035】また、上記のように2端子素子を用いることにより、より急峻な電気光学特性が得られるとともに、表示容量、つまり一定のデューティ比の信号により駆動することのできる絵素の数を増大することができる。

【0036】この発明においては、該反射画素電極を、該基板表面に形成された、凹凸の表面形状を有する絶縁膜と、該絶縁膜上にその凹凸形状を反映するよう形成された金属反射膜とから構成しているため、上記凹凸形状のパターンを、例えば感光性樹脂膜のフォトリソグラフィー処理により精度よく形成することが可能となる。これにより、表面が凹凸形状の光反射層を、この光反射層に要求される厳しい条件、例えば凸部のピッチや高さを精度よく制御して形成することができる。

【0037】この発明においては、上記螺旋構造のねじれ角 $\theta$ を、 $9\pi/4$ 程度にしているので、最大の光応答性を得ることができ。

【0038】この発明においては、前記液晶層を構成する液晶分子のプレチルト角が $5^{\circ} \sim 20^{\circ}$ の範囲となるよう構成した配向膜を備えたので、閾値電圧を低く設定でき、しかもコントラストの向上を図ることができる。

#### 【0039】

【発明の実施の形態】まず、本発明の基本原理について説明する。

【0040】図3 (b) はAWTモードにおける電圧-透過率特性を示し、また図13 (d) ~図13 (f) は、それぞれ該AWTモードにおける配向状態を図3 (b) の印加電圧範囲D, E, Fに対応させて示している。つまり図13 (d), (e) は印加電圧が図3 (b) の範囲D及びEにある時の配向状態、図13 (f) は、印加電圧が図3 (b) の範囲Fにある時の配向状態を示している。なお、図13 (d) ~図13 (f) では液晶分子と多色性色素を区別してはおらず、両者の混合物全体の配向状態を示している。

【0041】本発明のAWTモードは、液晶層の、基板表面近傍の液晶分子を、該基板表面に対しほぼ水平に配向させており、このため、液晶層のバルク部の液晶分子はHWTモードに比べかなり安定な状態で螺旋構造を形成している。このためoff f状態である程度の電圧が液晶に印加されても、液晶の配向状態が崩れることはなく、その状態が安定に保持され、閾値電圧以上の電圧が

$$(1) \text{ 捻れ角 } \theta : 2\pi \leq \theta \leq 5\pi/2$$

$$(2) \text{ セル厚/自然ピッチ} : (2\theta - \pi)/4\pi < d/p_0 \leq \theta/2\pi \quad (\text{式2})$$

さらに、(1) (2) の条件下においては、AWTモードの液晶では、電圧が印加されても、印加電圧が閾値電圧以下であれば、初期配向状態からの変化が生じないし、off fバイアスとして印加される電圧が閾値電圧以下であれば、応答特性は上記図14 (a) に示すものと同一であった。この場合、立ち上がり応答時間 $\tau_r$ と立ち下がり応答時間 $\tau_d$ の和は1.00 msecで、この値は、図15に示すHWTモードにおける3.40 msecに比べ1/3以下の時間となることも確認されている。

【0048】一方、特開平4-243226号公報には、絶縁性基板上に塗布した光感光性樹脂を、フォトリソグラフィプロセスによるパターニング処理により選択的に除去し、さらに熱処理を施し、その後金属薄膜を全面に形成して、表面が凹凸形状の反射画素電極を作成する方法が記載されている。

【0049】このプロセスを用いると、反射型液晶表示装置に用いられる反射拡散板を、これに要求される厳しい条件を再現性良く制御して作製することができる上、液晶を駆動するためのスイッチング素子、特に2端子素子を上記反射拡散板と組み合わせることも容易であることがわかった。

【0050】このように本発明によれば、off fバイアスが印加されても液晶の配向状態が変化することない、閾値が明確な電気光学特性と、十分速い光学応答特

印加された時初めて液晶の配向状態の変化が生じる、つまり螺旋構造のピッチが急速に伸び始めることがある。これにより急峻かつ明確な閾値電圧特性が得られる。

#### 【0042】この特性は、螺旋構造の自然ピッチ

( $p_0$ ) とセル厚 ( $d$ ) との比によって変化の仕方が異なる。図14 (a) ~図14 (c) は、螺旋構造の捻れ角 $\theta$ を $2\pi$ として、 $d/p_0$ を変化させたときの光学応答特性を示している。

【0043】この図から、まず、 $d/p_0 > 1.2$ の場合、所定の電圧で液晶分子が十分に動作しないため、立ち上がりが遅いことが分かる(図14 (b) 参照)。

【0044】また、 $d/p_0 < 0.8$ の場合は、off fバイアスが液晶に印加された時に $180^{\circ}$ 捻れの領域が出現し、十分なoff f状態、つまり液晶の透過率が充分小さい値になった状態が得られないことが分かる(図14 (c) 参照)。

【0045】そして、螺旋構造の捻れ角 $\theta$ が $2\pi$ の場合においては、AWTモードの液晶を駆動可能である $d/p_0$ の範囲が $0.8 \leq d/p_0 \leq 1.2$ であることが分かる(図14 (a) 参照)。

【0046】また、上記と同様な測定を捻れ角 $\theta$ を変化させた場合について行ったところ次の条件下での光学特性が良好となった。

#### 【0047】

$$(式1)$$

$$6.28 \times 10^{-3} \times \sin(\theta/2) \leq d/p_0 \leq 1.2 \quad (\text{式1})$$

性を有し、低電圧駆動可能な明るい表示モードの液晶セルが実現され、また上記駆動電圧が低いため、TFTや2端子素子などのアクティブ素子を該液晶セルと組み合わせることができる。

【0051】さらに、良好な拡散反射特性を有する反射画素電極を液晶層と接するよう構成することによって、均一配向で、視差が小さくて明るく、しかも高コントラストな表示特性を有する反射型液晶装置を低成本でもって得られる。

【0052】以下、本発明の実施の形態を図について説明する。

(実施の形態1) 図1は本発明の実施の形態1による液晶表示装置を説明するための図であり、図1 (a) はその断面構造を示し、図1 (b) は該液晶表示装置を構成する一对の基板のラビング方向を示している。図2

(a) ~図2 (e) は上記一对の基板のうち2端子素子を有する基板の作製方法を工程順に示す断面図である。なお、図1では液晶分子と多色性色素とを区別していない。

【0053】図において、101は本実施の形態の透過型液晶表示装置で、2端子素子として薄膜ダイオード(以下、TFDともいう。)12を搭載した背面基板18と、この背面基板18上にこれに対向して配設された前面基板19とを有している。上記薄膜ダイオード12

は、背面基板18を構成するガラス基板1a上に順次積層されたTa(タンタル)配線13、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(酸化タンタル)絶縁層14、及びTi(チタン)電極15から構成されている。また、該ガラス基板1a上には、上記Ti電極15と接するようITOからなる画素透明電極2aが形成されており、該ガラス基板1a全面には、上記薄膜ダイオード12及び画素透明電極2aを覆って液晶配向膜3aが形成されている。上記前面基板19を構成するガラス基板1b上には、ストライプ状のITO膜2bが形成され、さらにこれを覆うよう全面に液晶配向膜3bが形成されている。

【0054】また、上記背面基板18及び前面基板19の間には液晶4が挟持されており、この液晶4は、上記両基板18、19との界面部分の液晶分子4aが基板表面とほぼ平行に配向したWTモードであるAWTモードとなっている。ここで用いた液晶は、ZL1-4792(メルク社商品名)にアントラキノン及びアゾ系の黒色の多色性色素を混入したものであり、この液晶には光学活性剤であるカイラル剤としてs-811(メルク社商品名)が約1.65[w t %]混入されている。この時の液晶分子配向の捻れ角θは、図1(b)に示すように9π/4 [rad](45度)であり、比率d/p<sub>0</sub>は0.99である。また、今回用いた液晶では、液晶分子のリターデイション(Δn·d)は391[nm]であり、入射光が旋光することなく液晶層を通過するようしている。ここで、Δnは屈折率異方性の度合いを示す値、dはセル厚である。また、Xaは背面基板18のラビング方向、Xbは前面基板19のラビング方向である。

【0055】次に製造方法について説明する。最初に薄膜ダイオード12を搭載した背面基板18の作製方法について説明する。まず、ガラス基板1a上にTa薄膜3aをスパッタリング法により約3000オングストローム程度の厚さに形成する(図2(a))。

【0056】次に、該Ta薄膜3aを所望の形状となるようにフォトリソグラフィー処理により加工して、Ta配線13を形成する(図2(b))。

【0057】続いて、上記Ta配線13の表面に陽極酸化処理を施し、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>からなる絶縁層14を約600オングストロームの厚さに形成する(図2(c))。

【0058】その後、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>絶縁層14上にTi膜をスパッタリング法により形成し、それに該Ti膜をフォトリソグラフィー処理により所定の形状に加工して、Ti電極15を形成する(図2(d))。これにより上記ガラス基板1a上に薄膜ダイオード12が形成される。

【0059】最後に、ITO膜の形成及びパターニングにより上記Ti電極15とつながった画素透明電極2aを形成する(図2(e))。

【0060】このようにして作製したガラス基板1aの全面に配向膜材料としてオプトマーAL4552(日本

合成ゴム社商品名)を塗布し、180°Cで1時間焼成して、液晶配向膜3aを形成する。

【0061】一方、上記前面基板19については、ガラス基板1b上にITO膜の形成及びパターニングによりストライプ状のITO膜2bを形成し、その後、上記背面基板側のガラス基板1aと同様に、配向膜材料としてオプトマーAL4552を塗布し、180°Cで1時間焼成して、液晶配向膜3bを形成する。

【0062】そして、上記ガラス基板1a、1bの液晶配向膜3a、3bに配向規制方向が左回りπ/4[rad]となるようにラビング処理を行う。

【0063】その後、上記背面基板18及び前面基板19のいずれかに、4.5[μm]のガラスピーズスペーサを散布し、5[μm]のガラスファイバを混入した接着性シール材を液晶封止層としてスクリーン印刷して、該両基板18、19を背面基板18のTa信号線(配線)13と前面基板19のストライプ状ITO膜2bがマトリクス状に直交するよう貼り合わせる。そして、真空脱気によって上記両基板18、19間に液晶4を注入する。

【0064】次に作用効果について説明する。図3(b)はこのようにして作製された液晶セルの電気-光学特性を示す。この図から分かるように、2.4[V]付近で明確な閾値特性を示し、閾値電圧以下のoffバイアスが印加されても応答特性に支障は生じない。尚、この時用いた駆動電圧波形は、1/240 Duty 1/8 bitsの電圧波形であり、フレーム周波数は80Hzである。このとき、素子を介してon時に液晶層に印加される電圧をV<sub>on</sub>、off時の液晶印加電圧をV<sub>off</sub>とするとき、V<sub>on</sub>/V<sub>off</sub>はほぼ2.0であり、図3(b)からも分かるように、十分な明るさとコントラストが得られた。

【0065】上記と同条件で得られる、アクティブ素子を有しない液晶セルの電気-光学特性では、V<sub>on</sub>/V<sub>off</sub>は1.07となり、液晶の電圧-透過率特性のヒステリシスのため、液晶のシャッター動作が不可能である。

【0066】このように本実施例では、背面基板18及び前面基板19間に挟持される液晶4を、基板界面付近の液晶分子4aが該基板表面に対し略平行に配向し、かつ液晶分子4aが光学活性物質によってセル厚方向に螺旋軸を持つ螺旋構造としたので、off状態である程度の電圧が液晶4に印加されても、図13(e)に示すように液晶分子4aの配向が崩れることはなく、閾値電圧以上の電圧が印加された時になって初めて螺旋構造のピッチが急速に伸び始める(図13(f))。このため、信号電圧のダイナミックレンジは、上記閾値電圧を含む狭い範囲に設定することが可能となる。

【0067】また、上記のようにoff状態である程度の電圧が液晶に印加されても、液晶分子の配向が崩れる

ことがないため、液晶の駆動素子として、 $of f$  状態での液晶印加電圧を完全に0にするのが困難である安価な薄膜ダイオード12を用いることができ、コストの削減を図ることができる。

【0068】さらに、光学活性物質により生じる螺旋構造の自然ピッチ( $p_0$ )とセル厚(d)の比が、該螺旋構造のねじれ角を $\theta$  [rad]とする関係式 $(2\theta - \pi)/4\pi < d/p_0 \leq \theta/2\pi$ を満たし、かつ螺旋構造のねじれ角 $\theta$  [rad]が、 $2\pi \leq \theta \leq 5\pi/2$ の範囲の値となるようにしているため、所定電圧を液晶に印加することにより、液晶分子の相移転が急激に生ずることとなり、また液晶への印加電圧をオフした時には、もとの液晶相に急峻にしかも確実に戻ることとなる。これにより十分な光応答性を得ることができる。

【0069】また、この実施の形態では、上記螺旋構造のねじれ角 $\theta$ を、 $9\pi/4$ 程度にしているので、最大の光応答性を得ることができる。

【0070】なお、上記実施の形態では、2端子素子を、Ta、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Tiを用いて構成したが、上記2端子素子の構成材料は、これらの材料の組み合わせに限定されるものではなく、上記と同様にダイオードの非線形特性が得られる組み合わせならどのような材料の組み合わせでもよい。

【0071】また、2端子素子についても上記実施の形態のようにダイオード単体である必要はなく、ダイオードリングやバリスタ等でも構わない。さらに2端子素子以外にも薄膜トランジスタ等を用いても同様な効果が得られる。

【0072】さらに、配向制御の方法は、ラビング法以外に斜方蒸着などの方法でもかまわない。またセル厚についてはここでは4.5 [ $\mu m$ ]としたが、3~20 [ $\mu m$ ]の範囲では所望の特性を得ることができる。

【0073】また、上記実施の形態では、光学活性物質としてカイラル剤を液晶に混入したが、光学活性物質はコレステリック液晶でもよい。

【0074】また、液晶分子のリターデイション( $\Delta n \cdot d$ )は、液晶層に入射した光が液晶分子の捩れに従い旋光することなく液晶層を通過するようにする必要があることから、 $\Delta n \cdot d \leq 700$  [nm]、好ましくは、 $\Delta n \cdot d \leq 500$  [nm]であればよい。今回用いた液晶及びセル厚では、 $\Delta n \cdot d = 391$  [nm]であるために入射光は旋光することなく液晶層を通過する。

【0075】(実施の形態2) 図4は本発明の実施の形態2による反射型液晶表示装置の構成を説明するための図であり、図5(a)~図5(f)は該液晶表示装置を構成する反射画素電極の作製プロセスを工程順に示す断面図、図6は該反射画素電極の作製プロセスに用いる露光マスクを示す平面図である。

【0076】図4において、102は本実施の形態の反射型液晶表示装置で、表面が凸凹形状の光反射層5aを

有する背面基板28と、この背面基板28上にこれに対向して配設された前面基板19とを有している。上記光反射層5aは、図5(f)に示すように、凹凸形状を持つようパターニングした第1層目の感光性樹脂層7、その上に該感光性樹脂膜の凹凸形状を反映するよう薄く形成された第2層目の感光性樹脂膜8、及び該感光性樹脂膜8上に形成されたAl(アルミニウム)薄膜9からなり、反射画素電極となっている。なお、この実施の形態では、上記背面基板28を構成するガラス基板1aは、上述した実施の形態1における薄膜ダイオードなどのアクティブ素子は有していない。そして、その他、図1と同一符号は、実施の形態1と同一または相当部分を示している。

【0077】次に上記液晶表示装置の反射画素電極の作製方法について説明する。

【0078】まず、信号電極としてITO膜2aが形成されたガラス基板1a上に、絶縁層を兼ねた感光性樹脂膜6(商品名:OFPR800 東京応化社製)をスピンドルコータで所定の膜厚0.5~1.0 [ $\mu m$ ]だけ塗布する(図5(a))。

【0079】次に、該感光性樹脂膜6を、図6に示すような遮光パターン201を有する遮光マスク200を用いて露光し、さらに現像して、凹凸形状を有するマスク層(第1層目の感光性樹脂膜)7を形成する(図5(b))。

【0080】続いて、上記パターニングされたマスク層7に200°Cで加熱処理を施し、その凸部7aを丸みを帯びた形状に加工する(図5(c))。

【0081】その後、上記加熱処理を施したマスク層7上に再度同一若しくは異なる感光性樹脂8を、図5(a)に示す工程と同程度の厚さに塗布し、表面の起伏を滑らかにする(図5(d))。

【0082】そして、その表面が凸凹になっている感光性樹脂膜8を、画素電極と同じ形状になるようにフォトリソグラフィー処理により加工する(図5(e))。

【0083】さらに、パターニングされた感光性樹脂膜8上に金属反射膜9としてAl(アルミニウム)薄膜をスパッタリング法により形成する。この時、該金属反射膜9は、上記フォトリソグラフィー処理工程で感光性樹脂層8の一部に形成されたコンタクトホール10を介して信号電極(ITO膜)2aに接続されることとなる。これにより金属反射膜9はそのまま反射画素電極として機能することとなる。このようにして形成された金属反射膜9を所定の画素パターンになるよう加工処理することにより、反射画素電極5aを形成し、全面に液晶配向膜3cを形成して背面基板28を完成する。

【0084】そしてこの反射画素電極5aを有する背面基板28と前面基板19とを、第1実施例と同様な方法で貼り合わせ、両基板間に液晶4を注入して液晶表示素子102を作製する。

【0085】次に作用効果について説明する。図7は上記反射画素電極5aの反射特性を示し、図8は該反射特性の測定方法を示している。

【0086】上記反射特性の測定は、図8に示すように上記背面基板28を測定資料20としてサンプルステージ23上に載置し、光源22から出射されて上記背面基板28の表面で反射された光を、受光器21で検出して行う。またこの測定は、受光器21を、測定資料20表面の法線上の位置を中心として位置を変更し、光源22は、出射光が測定資料20の表面に斜めに入射する位置に固定して行った。また、リファレンスは標準白色面(MgO)の反射光強度を100[%]とした。図7から、入射方向に対し30度以内に強い反射特性を示し、反射型液晶表示素子に最適な条件となっていることが分かる。なお、24は上記反射画素電極(光反射層)5aの反射特性、25はMgO表面の反射特性である。

【0087】また、この液晶表示素子では、従来の外付けの反射板の場合に比べて、視差が小さくなり広視野にわたり良好な表示となっている。

【0088】さらに、図9は、反射型液晶表示装置102の電気一光学特性を示しており、この特性から、初期の配向状態が良好で、電圧を印加したときも液晶が均一に駆動されることが分かる。

【0089】このように実施の形態2では、上記実施の形態1と同様信号電圧のダイナミックレンジを狭い範囲に設定できるとともに、十分な光応答性を得ることができるという効果に加えて、該反射画素電極(光反射層)5aを、該基板表面に形成された、凹凸の表面形状を有する感光性樹脂膜7及びその上に形成された感光性樹脂膜8と、これらの樹脂膜上にその凹凸形状を反映するよう形成された金属反射膜9とから構成しているため、表面が凹凸形状の反射画素電極5aを、これに要求される厳しい条件、例えば凸部のピッチや高さを精度よく制御して形成することができる効果がある。

【0090】なお、本実施の形態では、絶縁層を兼ねた感光性樹脂層にあけたコンタクトホール10を介して信号電極であるITO2aと金属反射膜9とが接続されているが、該金属反射膜9を反射膜を兼ねる信号電極として使用してもよい。この場合、感光性樹脂膜7の下側に信号電極としてのITO膜2aを形成しなくてもかまわない。また、この時に、パターニングによって金属反射膜が除去される部分には、感光性樹脂層6を残しておいてもかまわない。

【0091】また、本実施の形態では金属反射膜としてAlを用いたが、可視光領域で均一な反射特性を有しかつ高い反射率を持つ金属であれば特にこれに限定されるものではない。

【0092】(実施の形態3) 図10(a)は本発明の実施の形態3による反射型液晶表示装置を説明するための断面図である。図において、103aは、本実施の形

態の反射画素電極5aを用いた2端子素子付の反射型液晶表示装置であり、その背面基板28aには、液晶を駆動するためのアクティブ素子として薄膜ダイオード12が搭載されている。ここで、反射画素電極5aは、薄膜ダイオード12及び信号電極2a上に形成された、表面が凹凸形状の感光性樹脂膜16と、その上に形成された金属薄膜9とから構成されている。この金属薄膜9は、上記感光性樹脂膜16に形成されたコンタクトホール16aを介して上記信号電極2aと接続されている。なお、この実施例においても、上記感光性樹脂膜16は、第2の実施例と同様、フォトリソグラフィー処理により凹凸形状を持つようパターニングされた1層目の感光性樹脂膜と、その上に形成され、該凹凸形状をなめらかなものとする2層目の感光性樹脂膜とから構成されている。そしてその他、図4と同一符号を付したもののは、上記実施の形態2のものと同一である。

【0093】また、本実施例の反射型液晶表示装置の製造は以下のように行う。

【0094】まず、図2(a)ないし図2(d)に示す工程と同様の処理により、ガラス基板1a上に薄膜ダイオード12を形成し、さらに図2(e)に示すようにITO膜2aを信号電極として形成する。その後、図5(a)ないし図5(f)に示す工程と同様の処理により、上記薄膜ダイオード12及び信号電極2a上に上記感光性樹脂膜16、金属薄膜9を順次形成する。そして、上記ガラス基板1aの全面に液晶配向膜3aを形成し、配向処理を行って背面基板28aを完成する。

【0095】その後は、上記背面基板28aと前面基板19とを、実施の形態1と同様な方法で貼り合わせ、両基板間に液晶4を注入して液晶表示素子(液晶表示装置)103aを作製する。

【0096】次に作用効果について説明する。

【0097】図11は上記液晶表示素子103aの電圧-反射率特性を示しており、この特性を、図12に示すTN(twisted-nematic)モードを用いた反射型液晶表示装置の電圧-反射率特性と比較すると、このようなTNモードの偏光板を利用する反射型液晶表示装置の表示(明時45%)に比べ、本実施の形態の反射型液晶表示装置の方がかなり明るい表示(明時80%)が得られることが分かる。

【0098】このように本実施の形態では、スイッチング素子を用いているため、上記実施の形態2と比べて、より急峻な電気光学特性が得られ、表示容量を増加できるという効果がある。また、上記実施の形態2のように、均一配向で、視差が小さくて明るく、高コントラストな表示特性を有する反射型液晶装置を低成本にて得られることは言うまでもない。

【0099】なお、図10(b)は、上記実施の形態3の変形例を示しており、図において、103bはこの変形例によるアクティブ素子を搭載した反射型液晶表示装置

であり、この反射液晶表示装置103bでは、反射画素電極5bは、実施の形態3の反射液晶表示装置103aにおける信号電極2aを兼ねる構造となっている点で、上記反射液晶表示装置103aと異なっている。

【0100】つまり、この反射液晶表示装置103bでは、金属薄膜9は、感光性樹脂膜16のコンタクトホール16aを介して薄膜ダイオード12のT'i電極15に接続されており、上記背面基板28bは、実施の形態3の信号電極2aを有していない。

【0101】この反射液晶表示装置103bの製造方法は、図2(a)ないし図2(d)に示す工程と同様の処理により、ガラス基板1a上に薄膜ダイオード12を形成した後、続いて図5(a)ないし図5(f)に示す工程と同様の処理により、上記薄膜ダイオード12上に上記感光性樹脂膜16、金属薄膜9を順次形成する点でのみ上記実施の形態3のものと異なっている。

【0102】このような構成の実施の形態3の変形例においても、上記実施の形態3と同様の効果を奏する。

【0103】(実施の形態4) 図17は本発明の実施の形態4による反射型液晶表示装置の構成を説明するための図であり、図17(a)はその断面構造を示し、図17(b)は該液晶表示装置を構成する一対の基板のラビング方向を示している。図18(a)～図18(f)は該液晶表示装置を構成する反射型画素電極の作製プロセスを工程順に示す断面図である。なお、図17では液晶分子と多色性色素とを区別していない。図17において、104は本実施の形態の反射型液晶表示装置で、表面が凸凹形状の光反射層5aを有する背面基板28cと、この背面基板28c上にこれに対して配設された前面基板19aとを有している。

【0104】上記光反射層5aは、図18(f)に示すように、凸凹形状を持つようパターニングした第1層目の感光性樹脂層7、その上に該感光性樹脂膜の凸凹形状を反映するよう薄く形成された第2層目の感光性樹脂層8、及び該感光性樹脂層8上に形成されたA1(アルミニウム)薄膜9からなり、反射画素電極となっている。該ガラス基板1a全面には、上記反射電極5aを覆って液晶配向膜3dが形成されている。上記前面基板19aを構成するガラス基板1b上には、ストライプ状のITO膜2bが形成され、さらにこれを覆うよう全面に液晶配向膜3eが形成されている。

【0105】また、上記背面基板28c及び前面基板19aの間には液晶4が挟持されており、この液晶4は、上記両基板28c、19aとの界面部分の液晶分子4aが基板表面とほぼ平行に配向したWTモードであるAWTモードとなっている。この実施の形態4では、上記液晶配向膜3d、3eの構成材料やラビング処理の強度等により液晶分子のプレチルト角を調整しており、液晶分子のプレチルト角は5°となっている。

【0106】ここで用いた液晶は、ZL1-4792

(メルク社商品名)にアントラキノン及びアゾ系の黒色の多色性色素を混入したものであり、この液晶には光学活性剤であるカイラル剤としてs-811(メルク社商品名)が約1.65[w t %]混入されている。

【0107】この時の液晶分子配向のねじれ角θは、図17(b)に示すように360°であり、d/p0はほぼ1である。また、ここで用いた液晶では、液晶分子のリターデイション(Δn·d)は470[nm]であり、入射光が旋光することなく液晶層を通過するようにしている。ここで、△nは屈折率異方性の度合いを示す値、dはセル厚である。また、Xaは背面基板28cのラビング方向、Xbは前面基板19aのラビング方向である。

【0108】次に製造方法について説明する。

【0109】まず、信号電極としてITO膜2aが形成されたガラス基板1a上に絶縁層を兼ねた感光性樹脂膜6(商品名:OPR800 東京応化社製)をスピンドルコータで所定の膜厚0.5～1.0[μm]だけ塗布する(図18(a))。

【0110】次に、該感光性樹脂膜6を、図6に示すような遮光パターン201を有する遮光マスク200を用いて露光し、さらに現像して、凸凹形状を有するマスク層(第1層目の感光性樹脂膜)7を形成する(図18(b))。

【0111】続いて、上記パターニングされたマスク層7に200°Cで加熱処理を施し、その凸部7aを丸みを帯びた形状に加工する(図18(c))。

【0112】その後、上記加熱処理を施したマスク層7上に再度同一もしくは異なる感光性樹脂8を、図18(a)に示す工程と同程度の厚さに塗布し、表面の起伏を滑らかにする(図18(d))。

【0113】そして、その表面が凸凹になっている感光性樹脂膜8を、画素電極と同じ形状になるようにフォトリソグラフィー処理により加工する。(図18(e))。

【0114】さらに、パターニングされた感光性樹脂膜8上に金属反射膜9としてA1(アルミニウム)薄膜をスパッタリング法により形成する。この時、該金属反射膜9は、上記フォトリソグラフィー処理工程で感光性樹脂層8の一部に形成されたコンタクトホール10を介して信号電極(ITO膜)2aに接続されることとなる。つまり、これにより金属反射膜9はそのまま反射画素電極として機能することとなる。

【0115】このようにして形成された金属反射膜9を所定の画素パターンになるよう加工処理することにより、反射画素電極5aを形成し、さらに、全面に後述する配向膜材料Bを塗布し、180°Cで1時間焼成して液晶配向膜3dを形成する。これにより背面基板28cを完成する。

【0116】ところで、上記配向膜材料Bを上記条件に

て塗布し焼成した一対のITO付きガラス基板を、液晶分子配向のねじれ角が360°となるように貼り合わせ、該両ガラス基板間に上記色素混合液晶を封入した後、磁場容量法にてプレチルト角を測定したところ、プレチルト角は5°であった。また、上記配向膜材料Bとは異なる配向膜材料Aについて、上記配向膜材料Bと同様にしてプレチルト角を測定したところ、プレチルト角は1°であった。なお、プレチルト角の設定は、配向膜の材料の選択だけでなく、その構成材料が同一であってもラビング処理の強度を変えるなどの方法により行うこともできる。

【0117】一方、上記前面基板19aについては、ガラス基板1b上にITO膜の形成及びパターニングによりストライプ状のITO膜2bを形成し、その後、上記背面基板28c側のガラス基板1aと同様に、配向膜材料Bを塗布し、180°C 1時間焼成して、液晶配向膜3eを形成する。

【0118】そして、上記ガラス基板1a、1bの液晶配向膜3d、3eに配向規制方向が360°になるようにラビング処理を行う。

【0119】その後、上記背面基板28c及び前面基板19aのいずれかに、4.5 [μm] のガラスピーズスベーサを散布し、5 [μm] のガラスファイバを混入した接着性シール材を液晶射止層としてスクリーン印刷して、該両基板28c、19aを背面基板28cの信号線(配線)と前面基板19aのストライプ状ITO膜2bがマトリクス状に直交するように貼り合わせる。そして、真空脱気によって上記両基板28c、19a間に液晶4を注入する。

【0120】次に作用効果について説明する。

【0121】図19はこのようにして作製された液晶セルの電気-光学特性を示す。なお、この時用いた駆動電圧波形は、1/240 Duty、1/8 biasの電圧波形であり、フレーム周波数は40Hzである。

【0122】図19(a)は、配向膜材料Aを用いたときの液晶セルの電気-光学特性を示す図であり、図19(b)は、配向膜材料Bを用いたときの液晶セルの電気-光学特性を示す図である。この図からわかるように、配向膜材料Bを用いたものでは、液晶分子4aの螺旋構造のピッチが伸び始める電圧が2.3Vであり、配向膜材料Aを用いたものの2.6Vに比べて低く、つまり閾値電圧は低くなる。

【0123】また、off時(印加電圧が0V)の反射率は配向膜材料A、Bのいずれの場合も同様な反射率を示すが、液晶層の印加電圧がon時には反射率は配向膜材料Bのものでは高くなり、印加電圧が0Vと5V時の反射率の比でコントラストを表現すると、コントラストは配向膜材料Bのものでは5.3となり、配向膜材料Aのものの3.6に比べてより高いコントラストが得られた。

【0124】一般的に新聞紙のコントラストは、ほぼ5

であり反射型液晶表示装置では、それ以上のコントラストであることが望ましい。

【0125】このように、本実施例では、配向膜を変え液晶分子のプレチルト角を向上させることにより上記閾値電圧を低く設定でき、コントラストを向上させることができる。

【0126】なお、上記実施の形態4では、液晶分子のプレチルト角が5°となる配向膜材料Bを用いたが、液晶分子のプレチルト角が5°～20°の範囲内であれば、同様の効果が得られる。ただし、該プレチルト角が、20°以上になると、閾値電圧は同様に低くなり電圧off時の反射率は高くなる一方で、電圧off時の反射率が高くなるため、コントラストは低くなってくる(図20参照)。

このため、液晶分子のプレチルト角は5°～20°の範囲であることが好ましい。ここで、上記範囲内での液晶分子のプレチルト角の設定は、ラビング処理の強度を調整することによっても行うことができる。

【0127】また、本実施の形態4では、絶縁層を兼ねた感光性樹脂層にあけたコンタクトホール10を介して信号電極であるITO2aと金属反射膜9とが接続されているが、該金属反射膜9を反射膜を兼ねる信号電極として使用してもよい。この場合、感光性樹脂膜7の下側に信号電極としてのITO膜2aを形成しなくともかまわない。また、この時に、パターニングによって金属反射膜が除去される部分には、感光性樹脂層6を残しておいてもかまわない。

【0128】また、本実施の形態4では金属反射膜としてAlを用いたが、可視光領域で均一な反射特性を有しかつ高い反射率を持つ金属であれば特にこれに限定されるものではない。

【0129】さらに、配向制御の方法は、ラビング法以外に斜方蒸着などの方法でもかまわない。またセル厚についてもここでは5 [μm] としたが、3～20 [μm] の範囲では所望の特性を得ることができる。

【0130】また、上記実施の形態4では、光学活性物質としてカイラル剤を液晶に混入したが、光学活性物質はコレステリック液晶でもよい。

【0131】上記実施の形態4では、ねじれ角として360°の場合について示したが、上述した本発明のねじれ角θの範囲( $2\pi \leq \theta \leq 5\pi/2$ )であれば、これに限定されるものではない。

【0132】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、offバイアスが印加されても液晶の配向状態が変化することのない、閾値が明確な電気光学特性と、十分速い光学応答特性を有し、低電圧駆動可能な明るい表示モードの液晶表示装置を実現することができ、このため、TFTや2端子素子などのアクティブ素子を液晶の駆動素子として用いることができる。さらに、液晶層と接するように形

成した良好な拡散反射特性を有する反射画素電極を備えることによって、均一配向で、視差が小さくて明るく、しかも高コントラストな表示特性を有する低コストの反射型液晶装置を得ることができる。

【0133】また、配向膜を、液晶層を構成する液晶分子のプレチルト角が、 $5^\circ \sim 20^\circ$  の範囲となるよう構成しているため、閾値電圧をより低く設定できるとともに、コントラストのさらなる向上を図ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1による2端子素子付の透過型液晶表示装置の構成を説明するための断面図であり、アクティブ素子と搭載したAWTモードの液晶セルの構成(透過型)を示している。

【図2】上記実施の形態1の液晶表示装置を構成する、アクティブ素子を有する背面基板の作製方法を工程順に示す図である。

【図3】HWTモードとAWTモードの電圧-透過率特性を比較して示す図であり、図3(a)はHWTモードの電圧-透過率特性を示し、図3(b)はAWTモードの電圧透過率特性を示している。

【図4】本発明の実施の形態2による反射型液晶表示素子の構成を示す断面図であり、AWTモードセルのセル構成(反射型)を示している。

【図5】上記実施の形態2の反射液晶表示装置を構成する反射画素電極の作製方法を工程順に示す図である。

【図6】上記実施の形態2及び4の反射液晶表示装置における反射画素電極の作製工程で用いるフォトマスクの一例を示す図である。

【図7】上記実施の形態2の反射液晶表示装置における反射画素電極の反射特性を示す図である。

【図8】上記反射画素電極の反射特性を測定する測定方法を説明するための図である。

【図9】上記実施の形態2の反射液晶表示装置の電圧-反射率特性を示す図である。

【図10】本発明の実施の形態3による2端子素子付の反射型液晶表示装置のセル構成を示す図であり、図10(a)は反射電極を画素電極とコンタクトさせた構造を示し、図10(b)は反射電極をスイッチング素子の出力端と直接接続した構造を示す。

【図11】上記実施の形態3の反射型液晶表示装置の電圧-反射率特性を示す図である。

【図12】TNモードセルを用いた反射型液晶表示装置の電圧-反射率特性を示す図である。

【図13】初期配向状態と電圧印加時の配向変化をHWTモードとAWTモードとで対比して示す図である。図13(a), (b), (c)はそれぞれ、HWTモードにおける、初期配向状態、微小電圧印加時の配向状態、液晶オン時の配向状態を示し、図13(d), (e), (f)はそれぞれ、AWTモードにおける、初期配向状態、微小電圧印加時の配向状態、液晶オン時の配向状態

を示す。

【図14】AWTモードの液晶セルの応答特性を説明するための図であり、図14(a)は $d/p_0 = 0.99$ の場合の応答特性を示し、図14(b)は $d/p_0 = 1.1$ の場合の応答特性を示し、図14(c)は $d/p_0 = 0.75$ の場合の応答特性を示す。

【図15】HWTモードの液晶セルの応答特性を示す図である。

【図16】従来の反射液晶表示装置における、光反射層の取り付け位置と視差との関係を示す図であり、図16(a)は光反射層外付け構造、図16(b)は光反射層が液晶層と接する構造について上記関係を示している。

【図17】本発明の実施の形態4による反射型液晶表示素子の構成を示す断面図であり、AWTモードセルのセル構成(反射型)を示している。

【図18】上記実施の形態4の反射液晶表示装置を構成する反射画素電極の作製方法を工程順に示す図である。

【図19】上記実施の形態4の反射液晶表示装置の電圧-反射率特性を説明するための図であり、プレチルト角が $1^\circ$ となる配向膜材料Aを用いたもの(図19(a))とともに、プレチルト角が $5^\circ$ となる配向膜材料Bを用いたもの(図19(b))を示している。

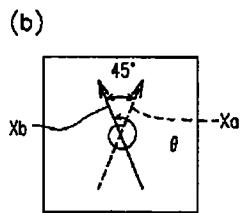
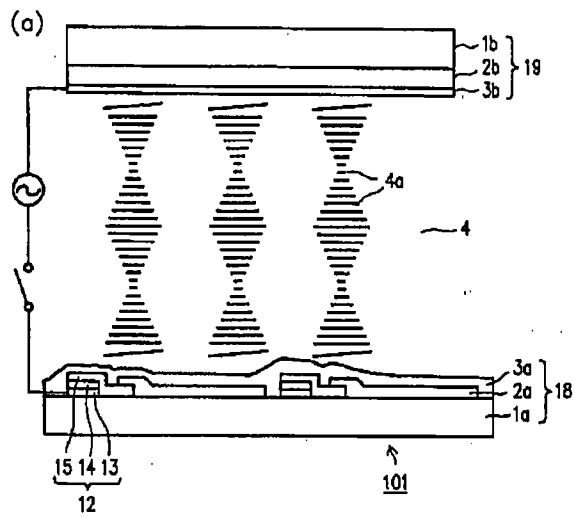
【図20】上記実施の形態4の反射液晶表示装置における、プレチルト角とコントラストとの関係を示す図である。

#### 【符号の説明】

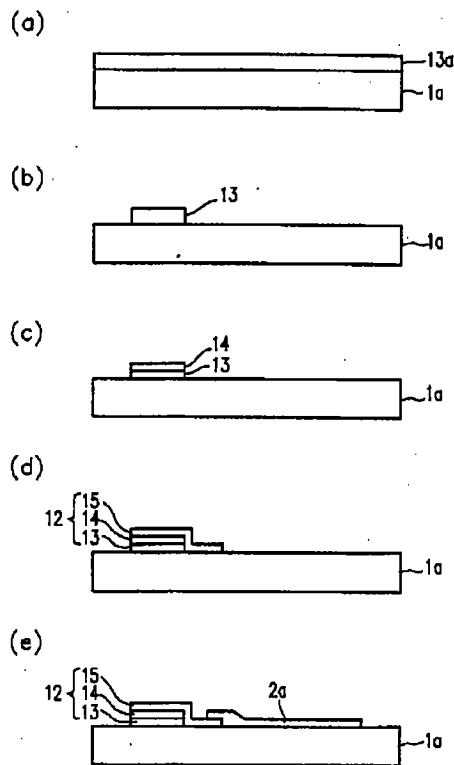
- 1a、1b ガラス基板
- 2a、2b ITO膜
- 3a、3b、3c、3d、3e 液晶配向膜
- 4 液晶層
- 5、5a、5b 反射画素電極
- 7 感光性樹脂膜(1層目)
- 8 感光性樹脂膜(2層目)
- 9 金属反射膜
- 10、16a コンタクトホール
- 12 薄膜ダイオード(TFD)
- 13 Ta(タンタル)薄膜
- 14 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(酸化タンタル)層
- 15 Ti(チタン)電極
- 16 感光性樹脂膜
- 18、28、28a、28b、28c 背面基板
- 19、19a 前面基板
- 20 測定資料
- 21 受光器
- 22 光源
- 23 サンプルステージ
- 24 光反射層の反射特性
- 25 MgOの反射特性
- 26 観察者
- 27 光路

## 101、102、103a、103b、104 液晶表示装置 (液晶表示素子)

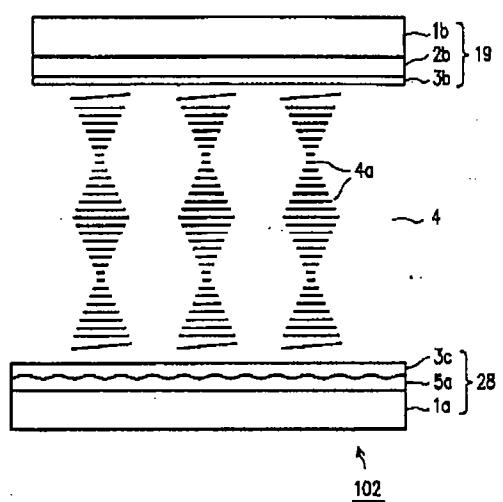
【図1】



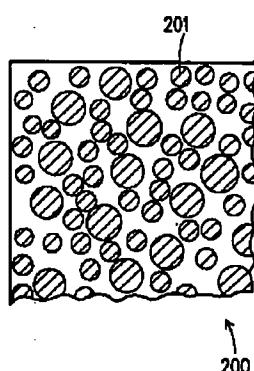
【図2】



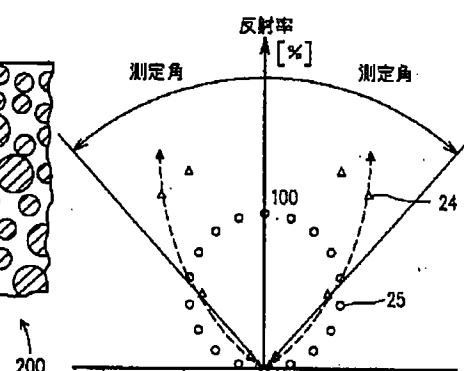
【図4】



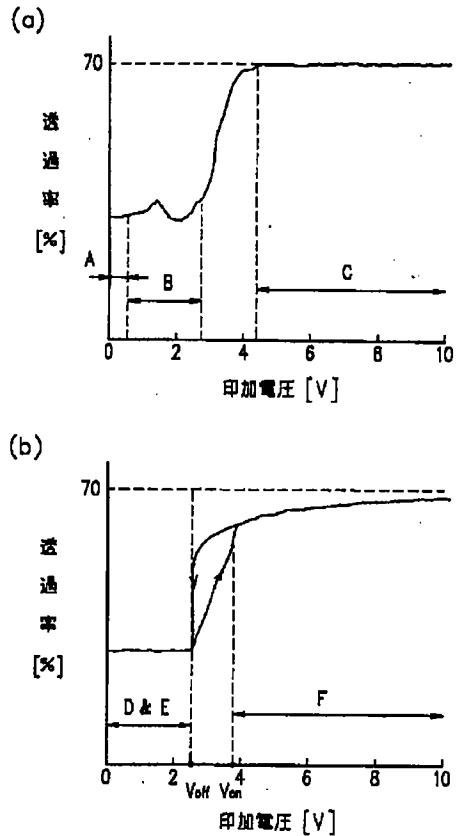
【図6】



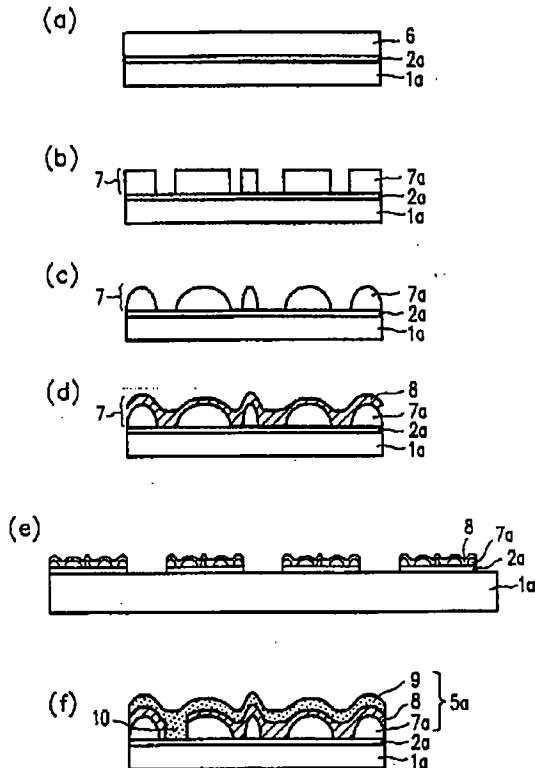
【図7】



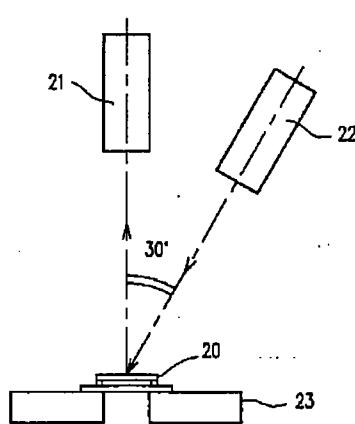
【図3】



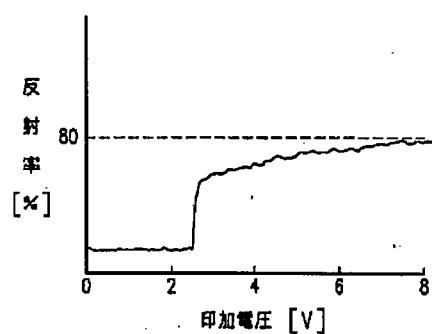
【図5】



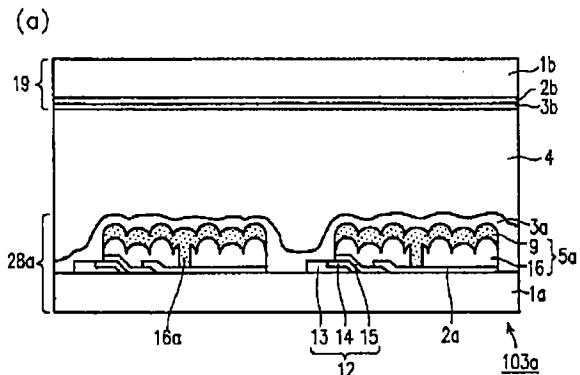
【図8】



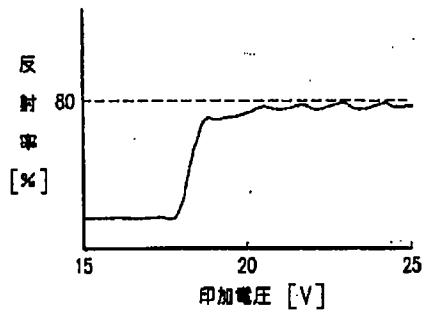
【図9】



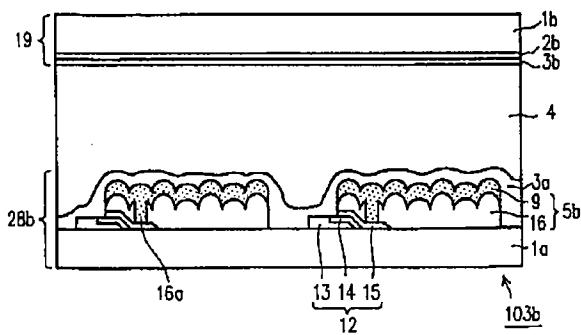
【図10】



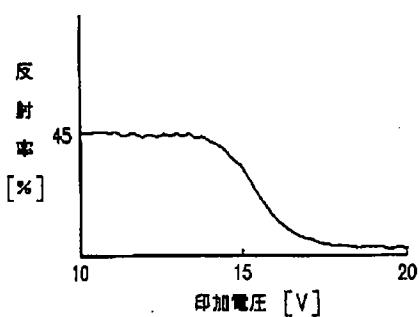
【図11】



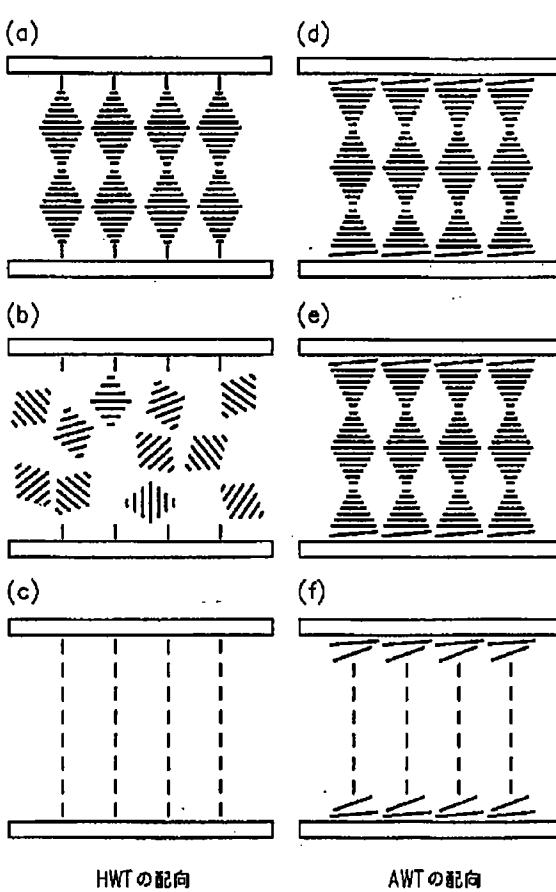
(b)



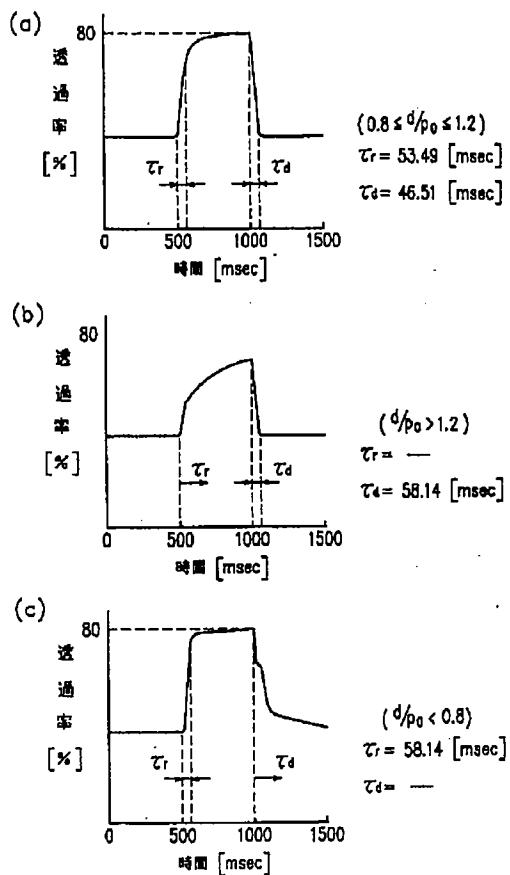
【図12】



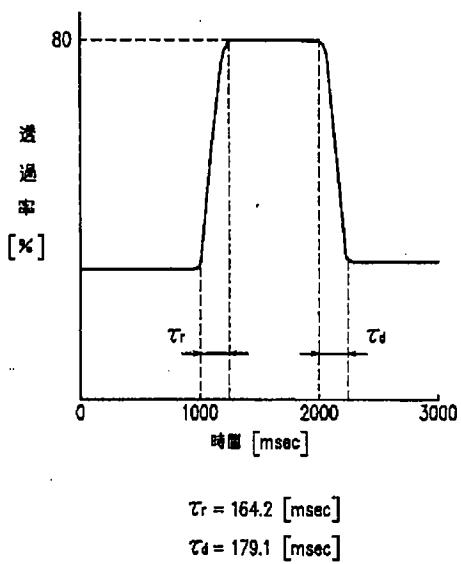
【図13】



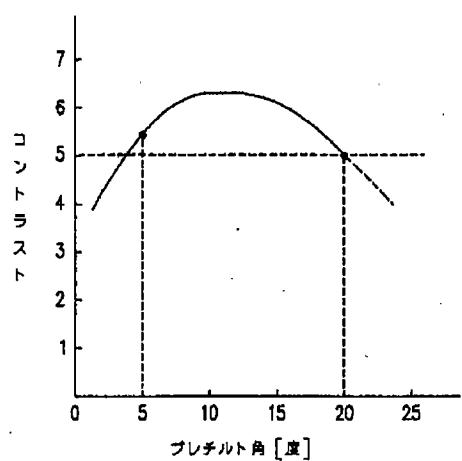
【図14】



【図15】

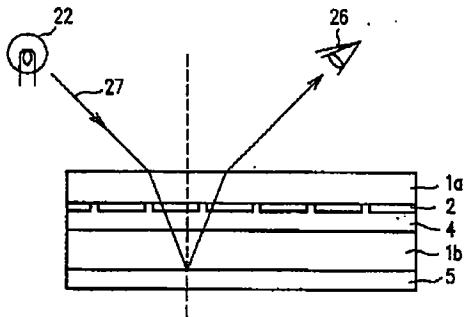


【図20】

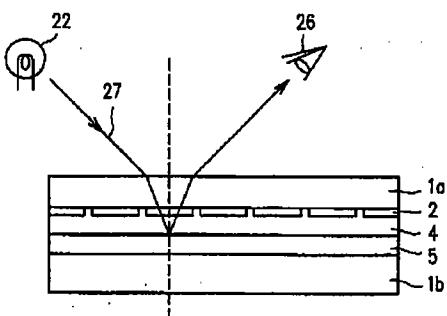


【図16】

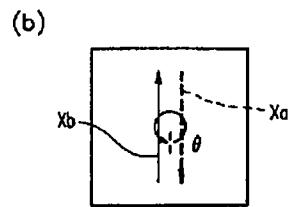
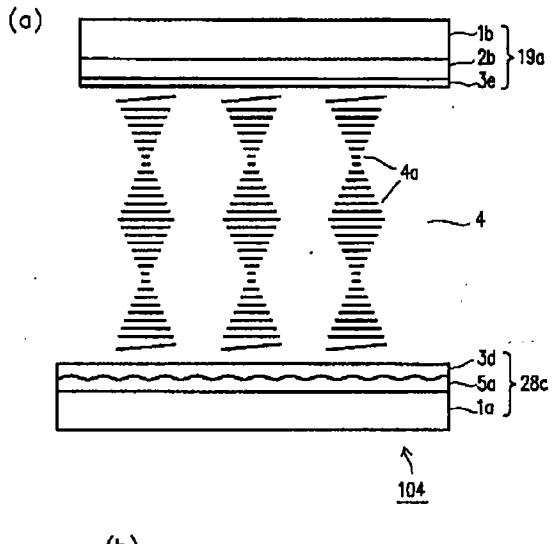
(a) 関接する面素に影響する場合



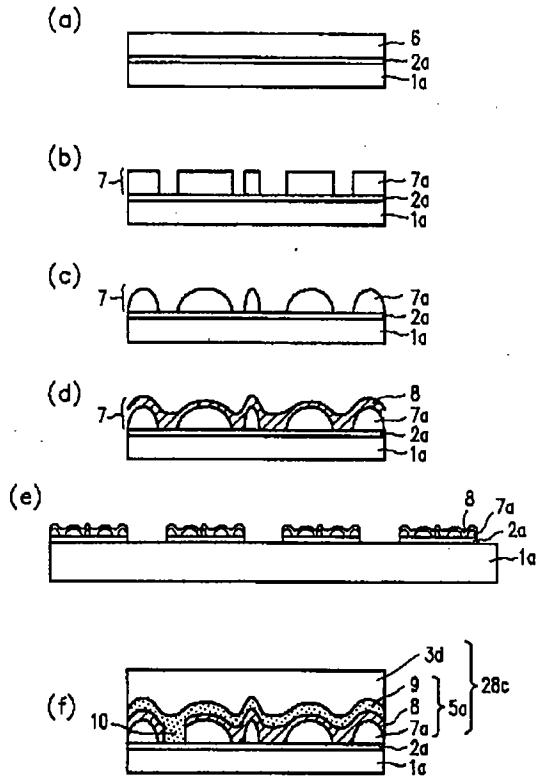
(b) 関接する面素に影響しない場合



【図17】



【図18】



【図19】

